



В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

**Граф Р.
Шиитс В.**

Энциклопедия электронных схем

**ТЫСЯЧА ПОЛЕЗНЫХ ИДЕЙ
ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ И ЛЮБИТЕЛЕЙ**



THE
The
Electronics
Authority

MC
Graw
Hill

ОМК

Рудольф Ф. Граф и Вильям Шиите

**Энциклопедия электронных схем
Том 7. Часть I**

Rudolf F. Graf & William Sheets

**ENCYCLOPEDIA OF
ELECTRONIC CIRCUITS
VOLUME 7**

McGraw-Hill

A Division of The McGraw-Hill Companies



New York • San Francisco • Washington, D.C. • Auckland • Bogotá • Caracas • Lisbon • London
Madrid • Mexico City • Milan • Montreal • New Delhi • San Juan • Singapore • Sydney • Tokyo • Toronto

В помощь радиолюбителю

Рудольф Ф. Граф и Вильям Шиитс

**ЭНЦИКЛОПЕДИЯ
ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ
ТОМ 7
Часть I**

Перевод с английского Бряндинского Э. А.

Под редакцией Бряндинского А. Э.

ББК 32.844-я92
Г78

Граф Р. Ф., Шиитс В.

Г78 Энциклопедия электронных схем. Том 7. Часть I: Пер. с англ. – М.: ДМК, 2000. – 304 с.: ил. (В помощь радиолюбителю).

ISBN 5-89818-0-010-2

Вниманию читателей предлагается русский перевод американского издания "Encyclopedia of Electronic Circuits. Volume 7". В книге собраны принципиальные схемы и краткие описания различных электронных устройств, взятые составителями из фирменной документации и периодики; основное внимание уделено аналоговым и импульсным схемам.

В русском издании исправлены ошибки и опечатки, присутствующие в оригинале. Часть I содержит около 300 схем и статей. В приложениях дана информация о наиболее распространенных и популярных в Америке радиоэлементах – как активных, так и пассивных.

Книга рассчитана на самые широкие читательские круги – от радиолюбителей до профессиональных разработчиков радиоэлектронных устройств.

ББК 32.844-я92

ISBN 0-07-016116-4 (англ.) © Original edition copyright 1999 by Rudolf F. Graf and William Sheets. All rights reserved.
ISBN 5-89818-0-010-2 (рус.) © Перевод на русский язык, оформление. ДМК, 2000

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

Рудольф Ф. Граф и Вильям Шиитс
Энциклопедия электронных схем
Том 7. Часть I

Главный редактор	<i>Захаров И. М.</i>
Переводчик	<i>Бряндинский Э. А.</i>
Научный редактор	<i>Бряндинский А. Э.</i>
Литературный редактор	<i>Левицкая Т. В.</i>
Верстка	<i>Куликов С. Л.</i>
Графика	<i>Понявин С. А.</i>
Дизайн обложки	<i>Антонов А. И.</i>

ИД № 00498 от 29.11.99

Подписано в печать 29.12.1999. Формат 70×100¹/₁₆
Гарнитура «Петербург». Печать офсетная.

Издательство «ДМК» 113184, Москва, Пятницкий пер., д. 3, стр. 3

Отпечатано в полном соответствии
с качеством предоставленных диапозитивов в ППП «Типография «Наука»
121099, Москва, Шубинский пер., 6.

Заказ № 1558

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	14
--------------------	-----------

1	Схемы активных антенн	15
	Активная дипольная антенна	15
	Высокочастотная рамочная антенна	16
	Активная антенна от 100 кГц до 30 МГц	17
	Делитель мощности на несколько нагрузок	17
	Блок питания для активных антенн и конверторов	18

2	Схемы охранной и тревожной сигнализации	20
	Сигнализация обрыва телефонной линии	20
	«Часовой» для морозильника	21
	Сигнализация о вторжении	22
	Охранная сигнализация	23
	Сигнализация обрыва телефонной линии II	24
	Аналоговый электронный замок	25
	Усиленная система безопасности	26
	Цифровой замок	27
	Охранная сигнализация II	28
	Ливневая сигнализация	30
	Сигнализация о несанкционированном доступе	30

3	Схемы радилюбительские	32
	Автоматический регулятор напряжения	32
	Аттенюатор: 10 дБ, 50 Вт	33
	Адаптер для радиостанции диапазона 2 м	34
	Конвертер сигналов СЕВ в диапазон 75 м	35
	Резервный источник питания для репитера	36
	Эквивалент нагрузки и детектор	36
	10-ваттный телеграфный приемопередатчик	38
	Усилитель для волномера диапазона 10 ГГц	39

4	Схемы для любительского телевидения	41
	Ответвитель для любительского ТВ	41
	ДМВ конвертор на частоты 900 и 1300 МГц для любительского ТВ	42
	Передатчик диапазона 1,3 ГГц для любительского ТВ	43

5	Схемы усилителей низкой частоты	46
	22-ваттный усилитель для 12-вольтовых систем	46
	60-ваттный усилитель класса D	47
	Стабильный УНЧ на LM386	49
	Предварительный стереоусилитель	50
	Миниатюрный усилитель мощности НЧ	50
	Простой усилитель для электрогитары с двумя входами	51
	Простой УНЧ	52
	2-ваттный стереоусилитель	52
	Гитарный усилитель для головных телефонов	53
	Усилитель с большим коэффициентом усиления	55
	Мощный УНЧ	56
	Мини-мегафон	57
	Двухтактный кабельный усилитель НЧ	57
	Предусилитель для электретного микрофона со схемой РТТ	58
	Усилитель для детекторного приемника	58
	Многоцелевой мини-усилитель	58

6	Различные схемы усилителей	60
	Широкополосный усилитель с обратной связью по току	60
	Точный логарифмический усилитель	61
	Дифференциальный усилитель	62
	Фотодиодный усилитель с расширенной полосой пропускания	63
	Усилитель-компрессор	64
	Схема, поясняющая проблему смещения нуля в ОУ	65
	Источники ошибок в ОУ	65
	Имитация тока ошибки ОУ	66
	Программируемый усилитель	66
	Усилитель с управляемым уровнем ограничения	67
	Усилитель переменного тока на LM3900	68
	Схемы применения токоразностного усилителя	68
	Токоразностный усилитель	69
	Сабвуфер с питанием от сети	69
	Усилитель с высоким коэффициентом усиления для фотодетекторов	70
	Разделительный фильтр-кроссовер для автомобильного сабвуфера	71
	Ограничители тока	72
	Схема с нулем передачи на ОУ	73
	Стерефонический компрессор	73

7	Схемы усилителей высокой частоты	76
	Усилитель мощности на частоты 1,8–7,2 МГц	76
	Полупроводниковый линейный усилитель мощностью 25 Вт	78
	Двунаправленный усилитель ВЧ	79
	Широкополосный предусилитель общего назначения	79
	Малощумящий усилитель с АРУ на 9 МГц	80
	Предварительный усилитель для приемника	81
	ВЧ предусилитель для приемника	82
	Источник питания предусилителя ВЧ	82
	Усилитель на микросхемах миллиметровых волн	83

Простой усилитель на микросхемах миллиметровых волн	83
Многокаскадный усилитель на микросхемах миллиметровых волн	83
Сопряженные усилители на микросхемах миллиметровых волн	84
8 Схемы ламповых усилителей	85
Усилитель HI-FI класса А	85
Каскад усиления, управляемый напряжением	86
Усилитель НЧ	86
9 Схемы аналого-цифровых преобразователей	88
Цифровой потенциометр, управляемый АЦП	88
Аналого-цифровой преобразователь	89
10 Антенные схемы	91
Индикатор настройки антенны	91
Антенный тюнер и КСВ-метр малой мощности	92
Антенный усилитель на ОУ	93
Измерительная волноводная антенна на 10 ГГц	94
Конструкция симметрирующего устройства	94
Переизлучающая антенна СВЧ	94
Детектор шумового моста для настройки антенн	95
Антенна Inverted V	96
Свип-генератор для настройки любительских антенн	97
40-метровая рамочная антенна	99
Антенна скрытого ношения для сканера	99
Антенна на 800 МГц	100
Тороидальный трансформатор	101
Симметрирующее устройство для коаксиальной линии	101
10-ваттный эквивалент нагрузки	102
Простое согласующее устройство	102
11 Схемы автомобильной сигнализации	104
Монитор кондиционера воздуха	104
Анализатор электрооборудования автомобиля	105
Автоматическое включение светового сигнала	107
Пробник для проверки аккумуляторных батарей	107
Детектор присутствия автомобиля	108
Автоматический переключатель света фар	109
Автомобильный вольтметр с линейной шкалой	110
Схема управления световыми приборами	111
Автомобильный стетоскоп	112
Автоматическая регулировка громкости для авторадия	113
Автомобильный источник питания для неоновых трубок	114
Схема для прерывистого режима работы стеклоочистителей	115
Индикатор включения фар	116
Конденсаторная система зажигания	117
Визуальный и звуковой монитор света фар	118
Схема для стеклоочистителей	118

«Сторож» для фары	119
Коротковолновый конвертор	119
Автоматическая блокировка дверей	119

12 Схемы автомобильной охранной сигнализации	121
Удобный звуковой сигнализатор	121
Передачик «автосторожа»	121
Отсекатель стартера	123
Охранное устройство	124
Приемник «автосторожа»	124

13 Схемы резервного питания и коммутаторов батарей	127
Схема управления резервным питанием на одной микросхеме	127
Система переключения питания для низковольтных устройств	128

14 Схемы зарядных устройств для аккумуляторных батарей	130
Прецизионное зарядное устройство для аккумуляторов	130
Зарядное устройство на ток 300 мА для аккумуляторов	131
Зарядное устройство с КПД 90% для никель-кадмиевых батарей	132
Зарядное устройство для аккумуляторов	133
Устройство для подзаряда батарей	134
Высокоэффективное зарядное устройство для батарей	135
Зарядное устройство с повышающим преобразователем	137
Зарядное устройство для литий-ионных и никель-кадмиевых батарей	138
Зарядное устройство для никель-кадмиевых аккумуляторов	139
Простое зарядное устройство	140
Зарядное устройство с таймером для никель-кадмиевых батарей	140
Зарядное устройство на ток 2,5 А	142
Схема непрерывного подзаряда	143
Зарядное устройство с температурной компенсацией	143

15 Тестеры и контрольные устройства для батарей	146
Трехцветный пробник для никель-кадмиевых аккумуляторов	146
Светодиодный пробник для аккумуляторов 12-вольтовых систем	146
Имитатор аккумуляторной батареи	147
Двухрежимный удлинитель срока службы батарей	148
Приставка к ПК для проверки батарей ламп-вспышек	149
Индикатор емкости батарей	150
Измеритель выходного сопротивления батарей	151
Устройство для хранения никель-кадмиевых аккумуляторов	152
Схема контроля разряда аккумуляторных батарей	153
Система питания с детектором разряда аккумулятора	154
Сдвоенный индикатор емкости аккумуляторных батарей	155
Устройство защиты батарей видеокамер	155
Тестер аккумуляторных батарей	156

16	Схемы подслушивающих устройств	158
	Маломощный телефонный «жучок» с ЧМ выходом	158
	Телефонный «жучок» с ЧМ выходом	158
	Телефонный «жучок»	159

17	Схемы тактовых генераторов	161
	Простой тактовый генератор 5,2 кГц	161
	Микромощный тактовый генератор	161

18	Схемы для изучения кода Морзе	164
	Генератор для изучения азбуки Морзе	164
	Передачик с кварцевой стабилизацией	164
	Генератор на микросхеме ФАПЧ для изучения азбуки Морзе	165
	Генератор с сенсорным ключом для изучения азбуки Морзе	166
	Радиопередатчик с ЧМ для изучения азбуки Морзе	166
	Инфракрасный приемник для изучения азбуки Морзе	167
	Генератор для изучения азбуки Морзе	168
	Инфракрасный передатчик для изучения азбуки Морзе	169

19	Схемы компараторов	170
	Компаратор на два напряжения	170
	Двухпороговый компаратор	170
	Четырехуровневый компаратор напряжения	171
	Быстродействующий ТТЛ-совместимый компаратор	171
	Регулируемый компаратор	172
	Компаратор напряжения	172

20	Дополнительное оборудование для компьютеров	173
	Цифро-аналоговый преобразователь для принтерного порта	173
	Изолированный интерфейс RS-232	174
	Управление несколькими реле от последовательного порта ПК	175
	Простейший тестер RS-232	176
	Преобразователь данных RS-232 в параллельный код	177
	Преобразователь интерфейса RS-232 в RS-485	177
	Тестер для кабелей RS-232	179
	Экономайзер для персонального компьютера	180
	«Компьютерный голос»	181
	Переключатель для джойстиков	181
	Передачик для последовательного канала	182
	Интерфейс флэш-ЭСППЗУ для ПК	183
	Самоконтроль персонального компьютера	184
	Переключатель адресов SCSI-интерфейса	185
	Инфракрасный считыватель карточек для ПК	186
	Генератор стандартных телеграфных частот	189
	Источник питания +5 В из трехпроводного порта RS-232	190

Аналого-цифровой преобразователь, управляемый компьютером	191
Генератор сигналов для ПК	193

21 Схемы контроллеров	196
Низковольтный регулятор мощности	196
10-цикловый счетчик для контроллеров	197
Контроллер с 4 выходами	198
Двухпозиционный контроллер	199

22 Схемы преобразователей	200
Линейный ЦАП с нелинейным выходом	200
Преобразователь 8-разрядного кода в двоично-десятичный	201
Преобразователь звукового давления в постоянный ток	202
Преобразователь отношения напряжений в частоту	202
Повышающий преобразователь с накачкой заряда	204
Изолированный АЦП с двойным питанием	205
Преобразователь напряжения	206

23 Схемы счетчиков	208
Простой частотомер на 25 МГц	208
Цифровой счетчик	209
4-режимный частотомер	210
Реверсивный счетчик с логическим элементом Искключающее ИЛИ	212
4-разрядный счетчик	212

24 Схемы кварцевых генераторов	214
Универсальный широкополосный кварцевый генератор	214
Кварцевый генератор на КМОП структуре	215
Кварцевый генератор Пирса (емкостная трехточка)	215
Перестраиваемый кварцевый генератор на NE602	215
Высокочастотный кварцевый генератор на NE602	216
Генератор с утроением частоты на NE602	216
Кварцевый генератор Колпитца на NE602	216
Микромощный кварцевый генератор на 32,768 кГц	217
Кварцевый генератор на ТТЛ-микросхеме	217
Кварцевый генератор по схеме Колпитца	217

25 Схемы детекторных радиоприемников	219
Детекторный приемник с двухполупериодным выпрямителем	219
Двухкатушечный перестраиваемый детекторный приемник	219
Трехкатушечный детекторный приемник	220
Детекторный приемник с согласованной антенной	220
Катушки для детекторных приемников	220
Детекторный приемник с одной катушкой	221

26	Схемы для проверки кварцевых резонаторов	222
	Пробник для кварцевых резонаторов	222
	Стрелочный индикатор в пробнике	223
	Параметры кварцевых резонаторов	223
27	Схемы источников тока	225
	Источник стабильного тока с импульсным регулированием	225
	Программируемый источник тока	226
28	Схемы преобразователей постоянного тока	228
	Быстродействующий стабилизатор с рnp-транзистором	228
	Повышающий преобразователь с накачкой заряда на ± 20 В	229
	Преобразователь напряжения 3,3 В / 12 В с частотой 500 кГц	230
	Базовая схема повышающего преобразователя	230
	Микромощный повышающий преобразователь	231
	Микромощный инвертирующий преобразователь	232
	Инвертирующий преобразователь на -5 В без дросселя	233
	Преобразователь 5 В / 500 мА, работающий от двух батарей	233
	Преобразователь напряжения для батареи 9 В	234
	Преобразователь напряжения 3 В / 7 В	235
	Преобразователь напряжения ± 15 В, 500 кГц	236
	Преобразователь напряжения 5 В / 12 В, 400 мА, 500 кГц	236
	Сильноточный преобразователь напряжения 5 В / 12 В, 2,5 А	237
	Преобразователь напряжения 5 В / 12 В, 1 А	238
	Преобразователь напряжения 70 В / 5 В с током нагрузки 700 мА	239
	Преобразователь напряжения 40 В / 5 В с током нагрузки 10 А	240
	Преобразователь напряжения 9 В / ± 5 В	241
	Преобразователь напряжения 6-25 В / 5 В на ток 1,25 А	242
	Эффективный преобразователь напряжения 5 В / 3,3 В	243
	Преобразователь напряжения 5 В / 3,3 В с КПД 95%	244
	Повышающий преобразователь на 5 В с питанием от двух батарей	245
	Простой преобразователь напряжения 5 В / 3,3 В	246
	Преобразователь на 5 В с питанием от 4 элементов	246
	Преобразователь напряжения 5 В / 4 В	247
	Преобразователь напряжения с малым уровнем помех	248
	Источник питания 1,2 В для активных нагрузок GTL-логики	249
	Последовательный стабилизатор с ограничением тока	250
	Бестрансформаторный преобразователь напряжения	250
29	Схемы декодеров	253
	Индикатор настройки для пакетной радиосвязи	253
	Декодер сообщений алфавитно-цифровых пейджеров	254
	Дешифратор ТВ строк I	255
	Декодер сигналов DTMF I	255
	Дешифратор ТВ строк II	256

Декодер сигналов DTMF II	256
Приемник и декодер сигналов DTMF	257
Двоично-десятичный дешифратор с индикатором	258
Тон-декодер радиолюбительских телетайпных сигналов (RTTY)	258
Тон-декодер на одной микросхеме	260

30 Схемы детекторов 261

Балансный детектор на NE602	261
Детектор захвата ФАПЧ	261
Детектор выпадения импульсов	262
Простейший регенеративный детектор на электронной лампе	262
Электромметр высокого напряжения	263
Нуль-детектор	263
Детектор вибраций	265
Пиковый детектор	265
Детектор тяги	267
Детектор угарного газа	268

31 Схемы дисплеев и индикаторов 270

Базовая схема простого 4-разрядного вольтметра	270
Схема управления светодиодами большой яркости	271
Индикатор уровня громкости и сигнализатор	272
Схема включения светодиода в цепь переменного тока	272
7-сегментный индикатор с дешифратором на ЭППЗУ	273
Драйвер для разноцветных светодиодов	273
Схема высоковольтного питания для мигающих светодиодов	275
Мостовой выпрямитель для светодиодных гирлянд	275
Экономичная линейная шкала на светодиодах	276
Индикатор псевдостерео	277
Трехцветный пиковый индикатор на светодиодах	277
Приведение шкалы линейного индикатора	278
Каскадирование нескольких контроллеров дисплеев	279
Внешнее опорное напряжение для дисплея с линейной шкалой	279
Светодиодный индикатор с постоянной яркостью	280
Электролюминесцентная панель	280
Гирлянда на двухцветных светодиодах	281
Двойная гирлянда на светодиодах	282
Гирлянда с чередованием цветов на светодиодах	282
Гирлянда на светодиодах	283
Переключатель двухцветных светодиодов	284
Линейная шкала на 10 светодиодах	284
Источник напряжения смещения для ЖК дисплея	284
Источник питания электролюминесцентной панели	285
Линейная шкала на светодиодах	286
Дисплей с линейной шкалой	287
Дисплей с линейной шкалой II	288
Индикатор уровня постоянного тока на светодиодах	288
Базовая схема управления линейной шкалой	288

Трехцветный семафор на светодиодах	289
Контрольный индикатор переменного тока на светодиоде	291

32 Схемы удвоителей	292
Простой удвоитель частоты	292
Удвоитель частоты на логических элементах	292
Цифровой удвоитель частоты	292

Приложения	294
Широко распространенные радиоэлементы и их аналоги	294
Цифровые микросхемы и их аналоги	296
Американская система классификации проводов и сердечников	299

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга содержит примерно 300 новых принципиальных электрических схем, которые расположены по основным категориям – от активных антенн до приборов для определения погодных условий. В книге приводится содержание всех ранее опубликованных томов американского издания энциклопедии, причем для удобства читателей каждая из описанных схем (их общее число превышает 7000) проиндексирована и снабжена ссылкой на оригинальную публикацию. Собранная здесь информация может использоваться как готовое решение либо послужить основой для создания собственных электронных схем в самых разных областях техники.

Составители выражают искреннюю благодарность и признательность представителям электронной промышленности и издателям, которые любезно разрешили использовать при подготовке «Энциклопедии электронных схем» некоторые материалы. Имена авторов использованных статей и названия книг указаны под каждым заголовком.

Авторы благодарны также Таре Трокслер, чья работа по подготовке текста и внимание к данному проекту позволили вовремя представить рукопись издателю.

Рудольф Ф. Граф и Вильям Шиитс

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Предлагаемая книга – первая из серии схемотехнических сборников издательства «ДМК». В отличие от американского издания, содержащего в одном томе более 1000 страниц, русское выпускается в трех частях примерно по 300 страниц, с сохранением сквозной нумерации глав. Такое деление связано с желанием издательства ускорить выход книги в свет, а также с необходимостью тщательной проверки и серьезной редактуры оригинала в связи с большим количеством обнаруженных ошибок и неточностей. Однако обилие редакторских примечаний затруднило бы чтение, поэтому все необходимые исправления с согласия владельцев прав на книгу внесены непосредственно в тексты и рисунки.

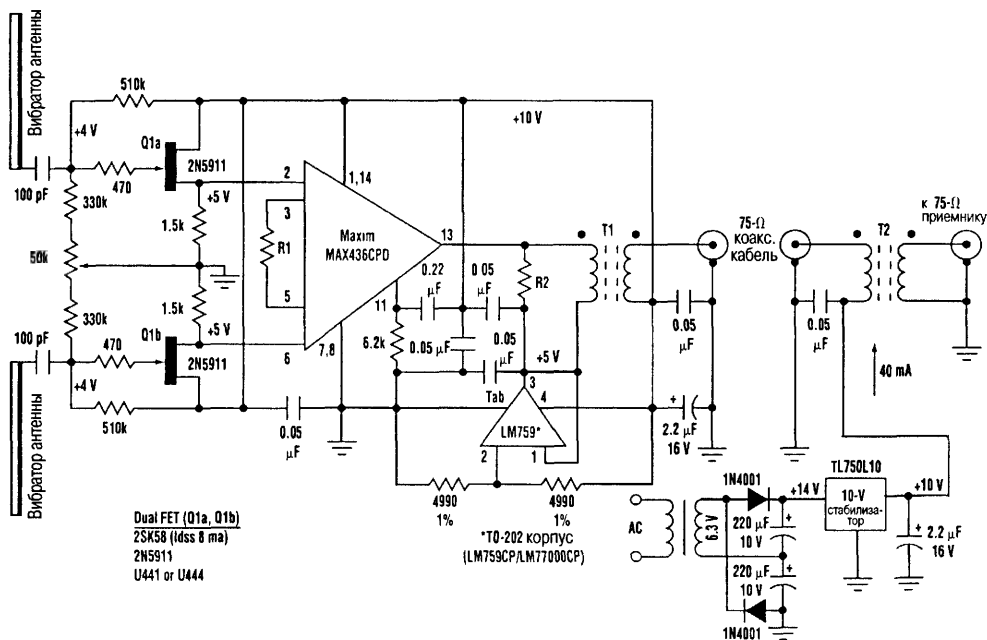
Русское издание дополнено таблицами аналогов и замен, расположенными в конце большинства глав. Такие таблицы не приводятся (или приводятся в сокращенном виде), если в материалах главы использованы только элементы, характеристики которых даны в приложениях, или если описаны источники питания и зарядные устройства, выполненные по технологии «*no design*» (при использовании рекомендованных изготовителем двух-четырёх навесных элементов и соответствующей уникальной микросхемы получается схема со стопроцентной повторяемостью, не нуждающаяся в настройке и регулировке).

Издательство «ДМК» заинтересовано в получении читательских отзывов на книгу «Энциклопедия электронных схем. Том 7. Часть 1» и с благодарностью примет любые замечания и пожелания, касающиеся этого сборника, а также предложения по поводу возможного выпуска предыдущих томов “*Encyclopedia of Electronic Circuits*” (тт. 2–6) на русском языке.

ГЛАВА 1

СХЕМЫ АКТИВНЫХ АНТЕНН

АКТИВНАЯ ДИПОЛЬНАЯ АНТЕННА



Electronic Design

Рис. 1.1

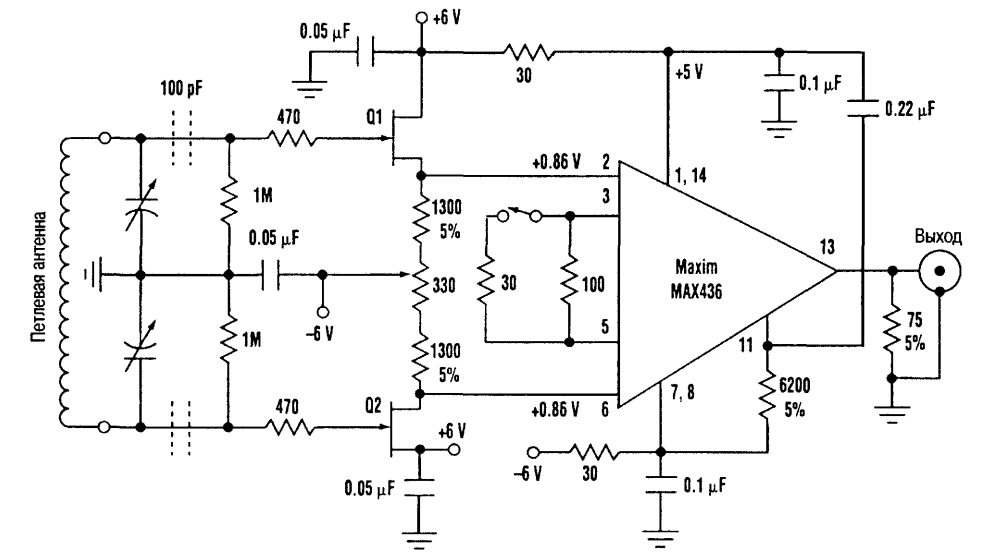
Примечание. T1, T2: 8 витков, бифилярная намотка, тороидальный сердечник (модель Sony 1-421-302).

Эта активная антенна работает так же, как и обычный диполь, и состоит из истокового повторителя на сдвоенном полевом транзисторе и дифференциального усилителя. Микросхема LM759 формирует уровень виртуальной «земли», равный точно половине напряжения питания 10 В. Потенциометр R1 используется для установки коэффициента усиления (см. табл. 1.1). Рабочий диапазон частот антенны – от 100 кГц до 40 МГц.

Таблица 1.1

Полоса рабочих частот, усиление и уровни сигналов						
R1	R2	Границы по уровню -3дБ		Дифференциальный коэффициент усиления V_g	Максимальное входное напряжение	Максимальное выходное напряжение
		Нижняя	Верхняя			
Ом	Ом	кГц	МГц	дБ	мВ _{эфф}	мВ _{эфф}
100	75	50	39	12,8	233	510
100	150	56	36	15,3	230	670
27	75	50	31	23,9	62	490
27	150	56	29	26,4	61	640

ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ РАМОЧНАЯ АНТЕННА



Electronic Design

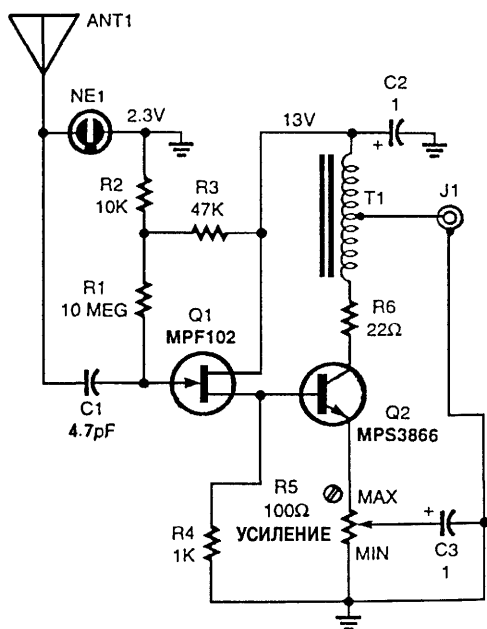
Рис. 1.2

Примечание. 10 to 330 pF в каждом плече; Q1, Q2: 2SK23, 2N5245 или 1/2 2N5911. Хорошее качество приема в диапазоне 5–30 МГц обеспечивается при помощи усилителя с очень высоким входным сопротивлением и низким уровнем шума. Этот усилитель может работать на нагрузку 75 Ом при большом уровне сигнала на частотах выше 30 МГц. Если подключить истоковый повторитель на двоянном полевом транзисторе на вход нового широкополосного усилителя с управляемой крутизной типа MAX436 фирмы Maxim, то получится именно такой усилитель. Перестраиваемая рамочная антенна включена по балансной схеме, чтобы обеспечить симметрию диаграммы направленности антенны. Использование истокового повторителя на двоянном полевом транзисторе на входе усилителя обеспечивает минимальное шунтирование антенного контура, так как он нагружен только

на два резистора цепей смещения затворов сопротивлением 1 МОм каждый, поэтому настройка точная, а подавление внеполосной интерференции очень высокое. Полевые транзисторы подключены к дифференциальному входу MAX436, который усиливает балансный сигнал и согласовывает его с несимметричным выходом. Коэффициент усиления по напряжению данного усилителя выбирается переключателем на уровне 8 или 20 дБ на нагрузке 75 Ом. Поскольку усилитель предназначен для работы с нагрузкой в 75 Ом, устройство может быть соединено с приемником при помощи кабеля РК-75 (RG-59). Максимальная амплитуда неискаженного сигнала на выходе достигает 1500 мВ на нагрузке 75 Ом, так что даже при выборе большого коэффициента усиления перегрузка маловероятна.

АКТИВНАЯ АНТЕННА ОТ 100 КГц ДО 30 МГц

В этой схеме использованы полевой и биполярный транзисторы с непосредственной связью для получения хороших показателей даже с короткой приемной антенной (70 см). Потенциометром R5 можно подстраивать усиление, причем выставлять его надо на минимальное значение, обеспечивающее приемлемые результаты. ВЧ трансформатор T1 имеет 24 витка свивки из трех проводов калибра AWG #32, которые намотаны на тороидальном сердечнике Ferroxcube 768T188-3E2A. Гнездо J1 используется и для подачи напряжения питания, и как выход антенного усилителя. Блок питания постоянного тока может быть размещен на некотором удалении (например, у приемника). Напряжение питания составляет 12 В при токе потребления 30 мА. Если штырь антенны и предварительный усилитель собрать в водонепроницаемом корпусе, то антенна может быть размещена вне построек, в электрически спокойной зоне.



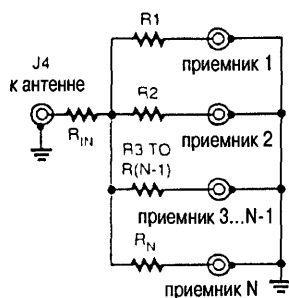
Popular Electronics

Рис. 1.3

ДЕЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ НА НЕСКОЛЬКО НАГРУЗОК

Схема из нескольких одинаковых резисторов, соединенных звездой, может быть с успехом использована для подключения нескольких приемников к одной активной антенне. Хотя при таком включении потери будут более высокими, чем при

использовании обычного делителя мощности на ферритовом трансформаторе, рабочий диапазон частот начинается от постоянного тока, а дополнительные потери обычно не составляют проблем на диапазонах длинных, средних и коротких волн, поскольку активные антенны имеют достаточно большое усиление и уровни принимаемых сигналов ограничены снизу лишь уровнями напряженности атмосферных и прочих внешних шумов и мешающих сигналов. Делитель мощности следует монтировать в экранированном корпусе с соответствующими разъемами для минимизации наводок и паразитных каналов приема.



Popular
Electronics

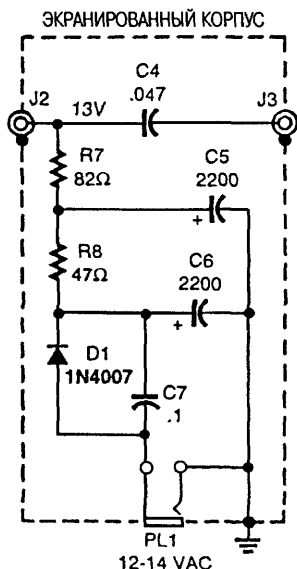
Рис. 1.4

Примечание. Все резисторы одинаковые, угольные, мощностью 0,25 Вт.

Таблица 1.4

Кол-во приемников	Кабель 50 Ом	Кабель 75 Ом
2	16 Ом	24 Ом
3	24 Ом	36 Ом
4	30 Ом	43, 47 Ом
5	33 Ом	51 Ом
N	$50 (N-1)/(N+1)$ Ом	$75 (N-1)/(N+1)$ Ом

БЛОК ПИТАНИЯ ДЛЯ АКТИВНЫХ АНТЕНН И КОНВЕРТОРОВ



Удобный блок подключения и источник питания для активных антенн и конверторов с преобразованием вниз может быть изготовлен всего из нескольких деталей по схеме, показанной на рис. 1.5. Эту схему можно использовать в диапазоне частот от 50 кГц и до частот УКВ диапазона. Для предотвращения наводок паразитных сигналов устройство следует расположить в экранированном корпусе. Постоянное напряжение, подаваемое по коаксиальному кабелю на активную антенну или конвертор с преобразованием вниз, составляет 12 В при токе потребления 30 мА.

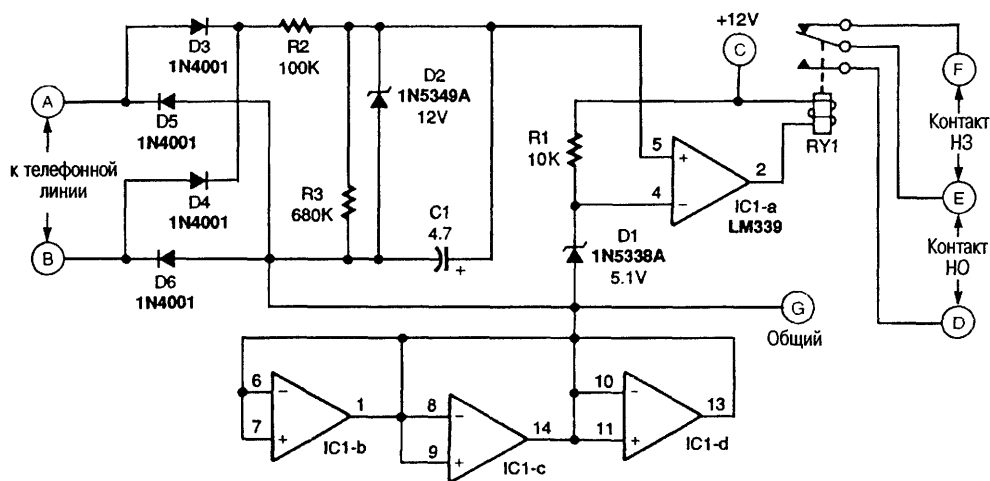
Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
Сдвоенный ПТ		Сдвоенный ПТ	В этой схеме можно применить любой высокочастотный полевой транзистор с каналом n-типа и изоляцией рп-переходом. При наладке схемы может понадобиться подобрать резисторы в цепях затворов и/или истоков. Предпочтение следует отдавать транзисторам с наибольшими начальными токами стока, малым пороговым напряжением и уровнем шума
2SK58		КПС315А, Б	
2N5911		Обычные ПТ	
U441		КП303Д, Е; КП307Г, Д; КП312; КП323; КП329; КП341; КП364Д, Е	Необходимо отобрать в пары с учетом минимального $U_{зи отс}$
U444		КП303Д, Е; КП307Г, Д; КП312; КП323, КП329; КП341; КП364Д, Е	Необходимо отобрать в пары с учетом минимального $U_{зи отс}$
LM759		K157УД1, K142УД1, K174УН14, K174УН19	Операционный усилитель с большим выходным током (до 50 мА). Можно использовать даже интегральные УНЧ, например K174УН11, предусмотрев соответствующую коррекцию (эта схема включена в режиме повторителя и склонна к самовозбуждению)
TL750L10		KP142EH21	Можно использовать любой интегральный стабилизатор на 9–11 В, например KP142EH8E, Ж производства ВЗПП или (лучше) KP142EH21 производства АО «Микрон»
1N4001		KD208, KD221, KD243, KD247, KD257	В этой схеме можно применить любой выпрямительный или импульсный диод, имеющий максимальный прямой ток до 1 А и обратное напряжение большее 50 В
NE1			В этой схеме можно применить любую неоновую лампу небольших габаритов. Она используется в качестве простейшей защиты от грозовых разрядов и других помех. Лампа должна иметь как можно меньшую емкость
MPF102		КП303Д, Е	В этой схеме можно применить любой высокочастотный полевой транзистор с каналом n-типа и изоляцией рп-переходом. При наладке схемы может понадобиться подобрать резисторы в цепях затворов и/или истоков. Предпочтение следует отдавать транзисторам с наибольшим и начальными токами стока, малым пороговым напряжением и уровнем шума на ВЧ
MPS3866		КТ368	В этой схеме можно применить любой высокочастотный биполярный рп-транзистор. Предпочтение следует отдавать транзисторам с малым уровнем шума на ВЧ
1N4007		KD208, KD221А, KD243А, KD247Е	В этой схеме можно применить любой выпрямительный или импульсный диод, имеющий максимальный прямой ток до 1 А и обратное напряжение большее 50 В

ГЛАВА 2

СХЕМЫ ОХРАННОЙ И ТРЕВОЖНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

СИГНАЛИЗАЦИЯ ОБРЫВА ТЕЛЕФОННОЙ ЛИНИИ



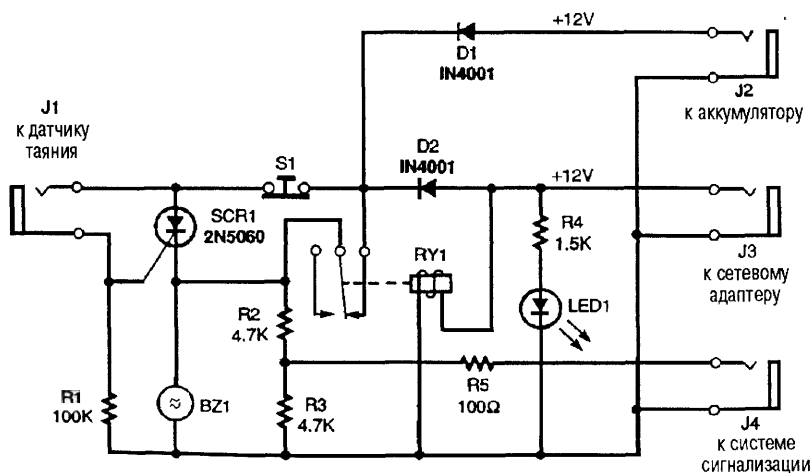
Electronics Now

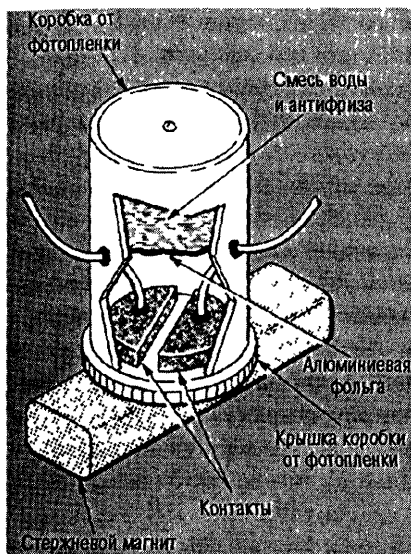
Рис. 2.1

На рис. 2.1 показана принципиальная электрическая схема устройства контроля состояния телефонной линии. Напряжение питания 12 В постоянного тока подается на схему по проводам, припаянным к контактным площадкам С (положительный) и G (общий) печатной платы. Такое напряжение питания лучше подавать от уже имеющейся домашней системы охраны, поскольку она снабжена источником бесперебойного питания с резервной аккумуляторной батареей. В таком случае описываемое устройство будет работать так же надежно, как и основная система охраны. Входные сигналы от телефонной линии подаются на контактные площадки А и В, также расположенные на печатной плате. Полярность напряжения на линии для этого устройства не важна, поскольку входные сигналы выпрямляются двухполупериодным мостовым выпрямителем, собранным на диодах D3 – D6. Подключение устройства к телефонной линии ни в коей

мере не ухудшает работы телефона, и его присутствие на линии не заметят ни владелец телефона, ни те, кто будет ему звонить. Напряжение телефонной линии в полярности, соответствующей включению мостового выпрямителя, подается на НЧ фильтр в виде RC-цепи с большой постоянной времени, собранной на резисторе R2 и конденсаторе C1. Этот фильтр содержит также стабилитрон D2, который ограничивает максимальное напряжение на конденсаторе C1 на уровне 12 В во время нормальной работы. Высокоомный резистор R3 обеспечивает разряд конденсатора C1 при отключении устройства или при отсутствии напряжения на линии. Этим же резистором определяется временная задержка перед включением сигнализации. Напряжение срабатывания компаратора IC1-а формируется с помощью цепи R1 и D1. Диод D1 представляет собой стабилитрон с напряжением стабилизации 5,1 В и это напряжение подается на инвертирующий вход (вывод 4) компаратора IC1-а. При напряжении на инвертирующем входе равном 5,1 В любое напряжение выше этого уровня, поданное на неинвертирующий вход (вывод 5) компаратора IC1-а, вызовет появление напряжения высокого уровня на выходе компаратора IC1-а. Поскольку выход IC1-а нагружен обмоткой реле RY1, а другой вывод этой обмотки подключен к шине питания 12 В, реле не срабатывает. Если же напряжение на выходе входного фильтра падает ниже 5,1 В, то на выходе IC1-а появляется низкий уровень напряжения, и реле срабатывает. Контакты реле RY1 (и нормально открытые группы, и нормально закрытые) можно использовать для включения системы сигнализации и охраны.

«ЧАСОВОЙ» ДЛЯ МОРОЗИЛЬНИКА



**Рис. 2.2 (б)**

Electronics Now

Примечание. Датчик таяния содержит вещество, переходящее в жидкое состояние при температуре порядка 15°F ($-9,5^{\circ}\text{C}$). С повышением температуры в камере заранее замороженное вещество начинает оттаивать от стенок и дна перевернутой баночки, его нерастаявшая часть падает вниз и прижимает диск из алюминиевой фольги к электрическим контактам.

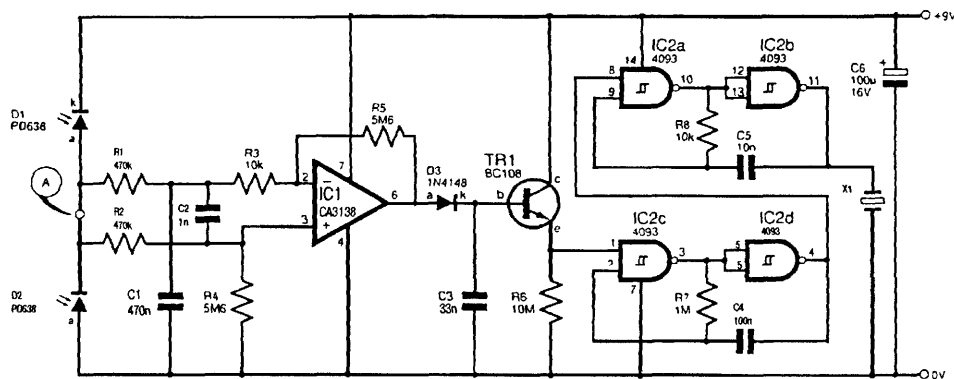
Основной частью является КУВ – кремниевый управляемый выпрямитель, или тиристор. Управляющее напряжение поступает от датчика таяния через разъем J1, когда его контакты замыкаются. Резистор R1 включен для предотвращения случайного или ложного запуска тиристора SCR1 в результате бросков напряжения в сети или помех от источника питания. При запуске SCR1 открывается и включает сигнал тревоги, который будет звучать до тех пор, пока вы не нажмете на кнопку отбоя

(S1). При нажатии на эту кнопку прерывается ток через КУВ, который при этом выключается. Питание на схему подается от обычного сетевого адаптера на 12 В, который подключается к разъему J3. Пока работает сетевой адаптер, реле RY1 будет включено, то есть его нормально замкнутые (НЗ) контакты будут разомкнуты. При этом горит светодиод LED1, сигнализируя о нормальном состоянии электросети, а резистор R4 ограничивает ток этого светодиода, определяя таким образом его яркость. При отключении напряжения сети переменного тока светодиод LED1 погаснет, обмотка RY1 будет обесточена и НЗ контакты вернуться в исходное, замкнутое положение. Эти контакты реле шунтируют SCR1, поддерживая сигнал тревоги включенным. Резервное питание в такой ситуации подается от 12-вольтовой аккумуляторной батареи, которая подключена к схеме через разъем J2 и диод D1. Этот диод предотвращает перезаряд аккумуляторной батареи от напряжения питания, идущего от сети переменного тока, а D2 препятствует зажиганию светодиода и срабатыванию реле RY1 от напряжения, подаваемого от аккумуляторной батареи при отключении или пропадании напряжения сети переменного тока. Дополнительная особенность схемы состоит в том, что при перерыве в подаче напряжения сети переменного тока реле шунтирует SCR1 и кнопкой отключения тревоги сигнал прервать нельзя. Вне зависимости от того, по какой причине был включен звуковой сигнал тревоги, резисторы R2 и R3 образуют делитель напряжения, который обеспечивает подачу сигнала с напряжением 5 В на разъем J4.

СИГНАЛИЗАЦИЯ О ВТОРЖЕНИИ

Схема включает сигнализацию с прерывистым тоном, если кто-либо проходит мимо датчика устройства. Несколько таких датчиков можно разместить по всему

дому, и у взломщиков создастся впечатление тотального контроля за ними. Два фотодиода D1 и D2 включены именно так, как показано на схеме, для обеспечения высокой чувствительности в широком диапазоне освещенностей, хотя при рассеянном свете схема будет менее эффективна. Микросхема IC1 включена как дифференциальный усилитель. Если напряжение в точке А начнет увеличиваться, то скорость роста напряжения на выводе 2 микросхемы IC1 ограничивается конденсатором C1, и напряжение на выходе (вывод 6) также возрастет. Конденсатор C3 заряжается, а на эмиттере транзистора TR1, работающего как схема сдвига уровня, появляется напряжение, которое разрешает работу генераторного блока, собранного на микросхеме IC2. Данная микросхема представляет собой четыре триггера Шмидта с логикой И-НЕ на входе. Пьезодиск X1 начнет звучать соответствующим образом. Конденсатор C3 определяет длительность звучания тона, а резистор R8 – высоту тона. Для получения высокой чувствительности фотодиоды D1 и D2 должны монтироваться на небольшом расстоянии друг от друга. Схема потребляет ток не более 0,5 мА.



Everyday Practical Electronics

Рис. 2.3

ОХРАННАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ

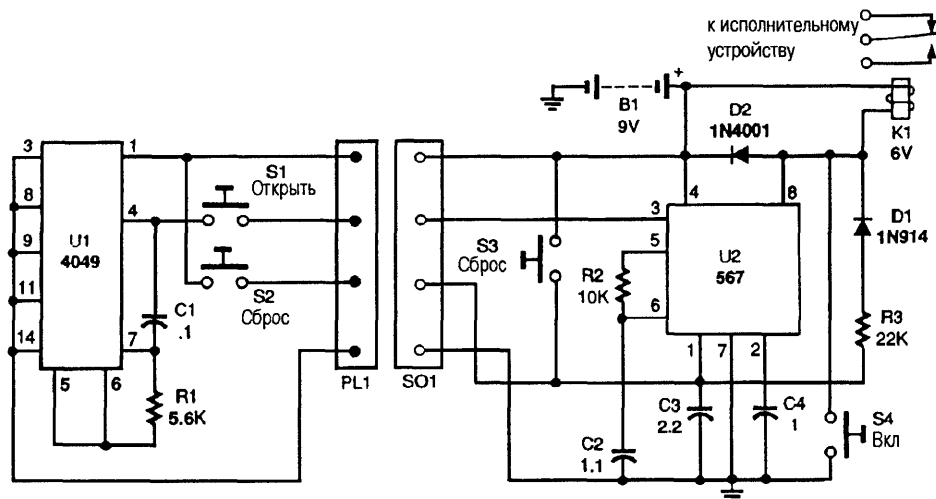
В этой системе сигнализации можно использовать и нормально замкнутые (S5 – S8), и нормально разомкнутые (S9 – S11) контактные пары или их комбинацию. При включении питания триггеры IC1-b и IC1-c устанавливаются в рабочее состояние. Выключатель S1 используется для выключения схемы. Микросхема IC1-d и соответствующие элементы управляют ключом на транзисторе Q1, который включает таймер на микросхеме IC2. Данная микросхема генерирует импульс, длительность которого определяется резистором R3 и конденсатором C5. Этот импульс включает реле сигнализации RY1. Кнопкой S2 можно включить режим непрерывного сигнала тревоги. Кнопка S12 – так называемая кнопка ПАНИКА, немедленно включающая сигнализацию. В качестве средства оповещения могут быть использованы не только встроенный зуммер (BZ1), но и внешняя сирена.

линиях оно, как правило, равно 60, реже 48 В) при положенной трубке, во время разговора – в пределах от 2 до 15 В постоянного тока, во время действия вызывного напряжения – около 90 В переменного тока, при проверке телефонной линии с помощью станционного оборудования (на российских АТС такого оборудования нет) – 200 В постоянного тока. В некоторых случаях возможно даже кратковременное появление нулевого напряжения. Соответственно надо определять падение напряжения на линии до нуля на продолжительный период времени. Второй особенностью определителя обрыва телефонной линии является то, что он не должен потреблять от телефонной линии сколько-нибудь заметный ток. Входное сопротивление устройства должно быть выше 50 МОм, иначе телефонная компания может решить, что в телефонном кабеле есть утечки. Резисторы R1, R2, R3 и конденсатор C1 сглаживают кратковременные броски напряжения, так что сигнализация не запускается при каждом звонке телефона. Если же напряжение на линии будет близким к нулю в течение 30 с или более, то включается тревожная сигнализация. Нагрузкой может быть пьезозуммер, оптрон или небольшое реле.

Поскольку необходимо определять токи очень малого уровня, то питание схемы лучше сделать автономным, от встроенной батареи 9 В, без гальванической связи с остальной частью системы охранной сигнализации. В противном случае небольшая разница потенциалов «земли» может вызывать ложные срабатывания схемы.

АНАЛОГОВЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ЗАМОК

Система этого замка состоит из двух отдельных схем – «ключа» и «замочной скважины», причем в качестве «бородки ключа» служит небольшой разъем. «Ключ» представляет собой схему тон-генератора, собранную на КМОП микросхеме типа 4049 (U1), содержащей шесть инверторов, и на кнопках (S1 и S2), резисторе (R1), конденсаторе (C1). Частота тона в герцах, генерируемого данной схемой, определяется по формуле $1/(1,4 \times R1C1)$. «Замочная скважина» собрана на микросхеме тон-декодера 567, срабатывающей при поступлении на вход сигнала заданной частоты, которая может быть выбрана произвольно в диапазоне от 0,01 Гц до 500 кГц. Частота срабатывания устанавливается резистором R2 и конденсатором C2 согласно формуле $f_0 = 1,1/(R2C2)$. Когда «ключ» вставлен в «замочную скважину» и кнопка S1 нажата, на вход схемы «замочной скважины» подается тональный сигнал. Если частота тона достаточно близка к f_0 , микросхема 567 срабатывает и включает реле K1, которое должно быть соединено с электронным запирающим устройством (или электромагнитом). Резистор R3 и диод D1 используются для фиксации активного состояния схемы, чтобы сигнал на выходе не менялся даже тогда, когда кнопка S1 отпущена и тоновый сигнал перестанет поступать на схему «замочной скважины». Если в этом состоянии схемы нажать кнопку S2, система вернется в исходное состояние. Ее можно вернуть в исходное состояние и изнутри, кнопкой S3, не применяя «ключ».



Popular Electronics

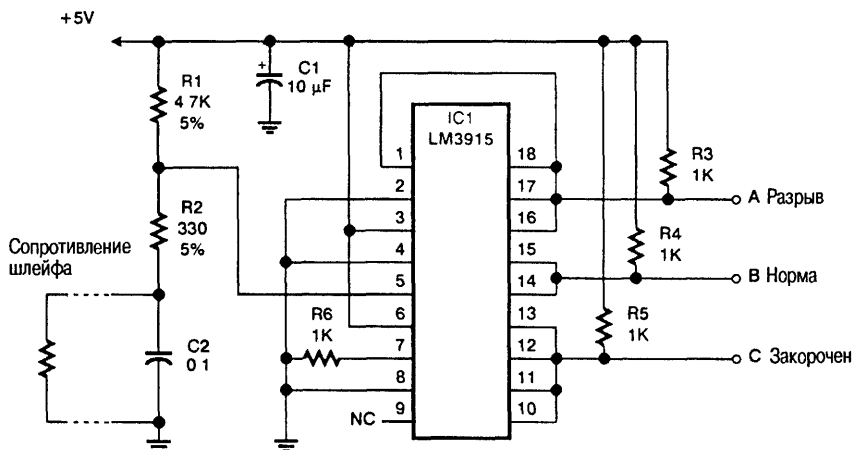
Рис. 2.6

Примечание. Точность, с которой схема «замочной скважины» определяет f_0 , зависит от величин и точности всего трех элементов. Первый из них – резистор R2 с сопротивлением в пределах от 2000 до 20000 Ом. Второй – конденсатор C4, емкость которого в микрофарадах определяется по эмпирической формуле n/f_0 , где n – это коэффициент величиной от 1300 до 26000 (что дает точность определения частоты в пределах 14% от f_0). Наконец, третий элемент – конденсатор C3 – должен иметь емкость примерно в два раза большую, чем емкость конденсатора C4. Батарея B1 используется для питания обеих частей схемы.

УСИЛЕННАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ

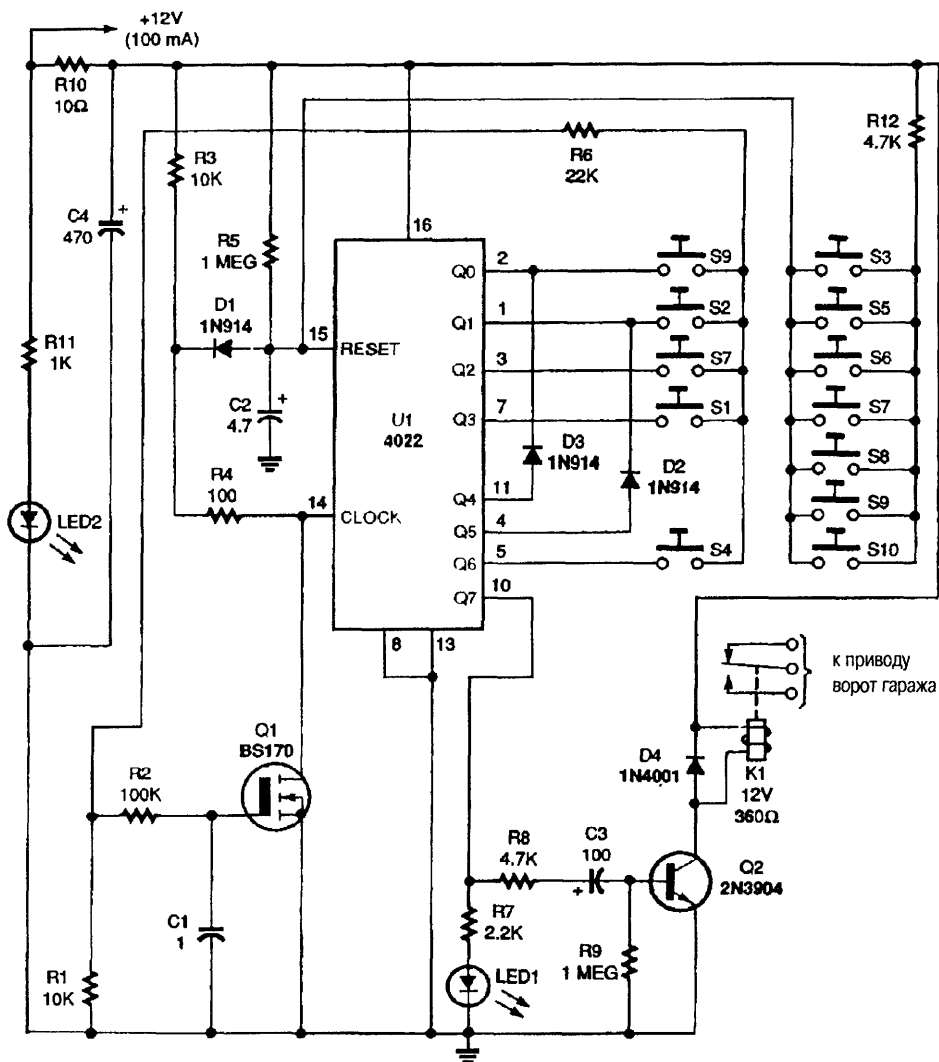
Многие системы сигнализации и охраны используют замкнутые петли из проводов и выключатели, расположенные так, чтобы при открывании дверей или окон петля разрывалась и звучал сигнал тревоги. Явной проблемой таких систем является возможность доступа посторонних к схеме управления. Вор способен заколотить контакты петли, а позднее вернуться и обокрасть помещение, не вызвав при этом сигнала тревоги. Использовать заранее известное сопротивление петли в качестве одного из контролируемых сигнализацией параметров – хорошая идея. В таком случае охранная система сможет отличить короткое замыкание от исправно работающей замкнутой петли контура охраны. На рис. 2.8 показана схема, которая решает эту задачу. Это несколько необычное применение микросхемы LM3915 (фирма National semiconductor), обычно используемой для управления линейными шкалами на светодиодах. Именно поэтому данная микросхема содержит такую комбинацию компараторов и логических схем, которая позволяет решить поставленную задачу. Первым шагом в решении будет преобразование

сопротивления петли охранного контура в соответствующее напряжение. Это выполняется путем включения в цепь охранного контура делителя напряжения на резисторах R1 и R2. Конденсатор C2 защищает схему от электромагнитных наводок и внешних шумов – это важно, поскольку в системах охраны и сигнализации используются длинные провода, которые часто проходят близ мощных электроприборов. Вторым шагом будет преобразование напряжения в логические сигналы, по которым можно определить, в норме ли это напряжение. В обычной схеме включения LM3915 может управлять 10 светодиодами, каждый из которых соответствует некоторому участку в диапазоне входного напряжения. Для получения выходных сигналов, приведенных к определенным логическим уровням, вместо светодиодов можно использовать резисторы сопротивлением 1 кОм, подключенные к соответствующим выводам. Поскольку в данном случае надо различать только три состояния системы, несколько выходов можно соединить по схеме «монтажное ИЛИ». LM3915 имеет выходы с открытым коллектором, которые легко могут быть объединены таким способом. Надо отметить, что в данном случае используется отрицательная логика (0 В соответствует «ДА», а +5 В – «НЕТ»), противоположная логике работы обычной схемы. Для получения управляющих сигналов в положительной логике можно использовать инверторы (например, из микросхемы 74НС04), если это необходимо. Наконец, надо отметить одно полезное свойство схемы – она будет правильно работать при любом напряжении питания в пределах от 3 до 25 В.



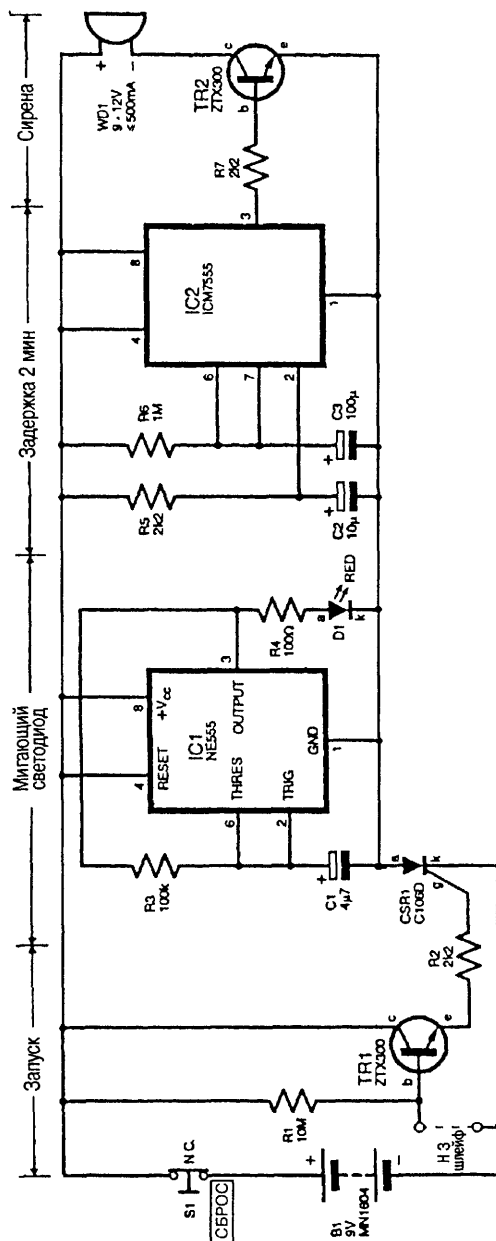
ЦИФРОВОЙ ЗАМОК

Эта схема срабатывает при вводе правильной кодовой последовательности. Одна неверно введенная цифра, не являющаяся частью кода, вызовет возврат схемы в исходное состояние. При вводе правильного кода транзистор Q2 на короткое время, определяемое емкостью конденсатора C3, включает реле K1.



ОХРАННАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ II

Схема разработана для системы охраны, использующей проволоочные петли или ртутные контакты. Транзистор TR1 и соответствующие элементы образуют ключ, который закрыт нулевым напряжением смещения, определяемым нормально замкнутой петлей охраны. При нарушении состояния петли TR1 открывается и переводит тиристор CSR1 в проводящее состояние. Соответственно запускается мультивибратор, собранный на микросхеме IC1 таймера 555, и начинает мигать

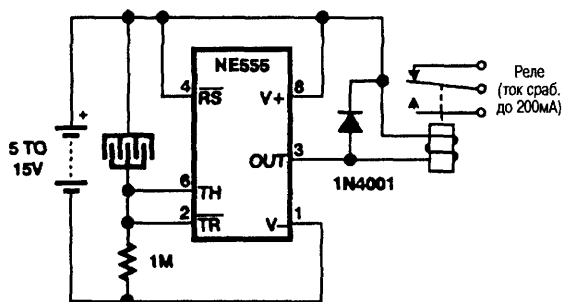


светодиод D1. Кроме того, микросхема таймера IC2, включенная одновибратором, запускающимся через цепь R5C2, при помощи транзистора TR2 подает звуковой тревожный сигнал в течение 2 мин, после чего переходит в состояние ожидания.

Светодиод будет продолжать мигать и после прекращения подачи звукового сигнала; прервать это можно нажатием на кнопку S1, после чего выключится тиристор. Ток покоя схемы очень мал, поскольку сопротивление резистора R1 достаточно велико. Вместо проволочной петли можно использовать ртутный контакт, который действует как датчик сигнала тревоги при взломе, но в этом случае следует проявлять осторожность, чтобы избежать прямого контакта с токсичными шариками ртути.

ЛИВНЕВАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ

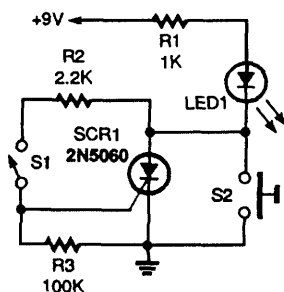
В приведенной на рисунке схеме детектора ливней реле включается, когда вода перекрывает зазор между двумя металлическими электродами датчика.



Electronics Now

Рис. 2.10

СИГНАЛИЗАЦИЯ О НЕСАНКЦИОНИРОВАННОМ ДОСТУПЕ



Кремниевый управляемый выпрямитель (КУВ – SCR1) работает как ячейка памяти, фиксирующая факт проникновения в помещение, ящик стола, сейф и т.п. Контакт S1 может быть механическим или магнитным. Его надо разместить на объекте, который требуется взять под охрану, таким образом, чтобы контакт замыкался при доступе к объекту. Когда S1 замыкается, SCR1 открывается, и светодиод LED1 начинает светиться. Нажатие на кнопку S2 возвращает схему в исходное состояние.

Popular
Electronics

Рис. 2.11

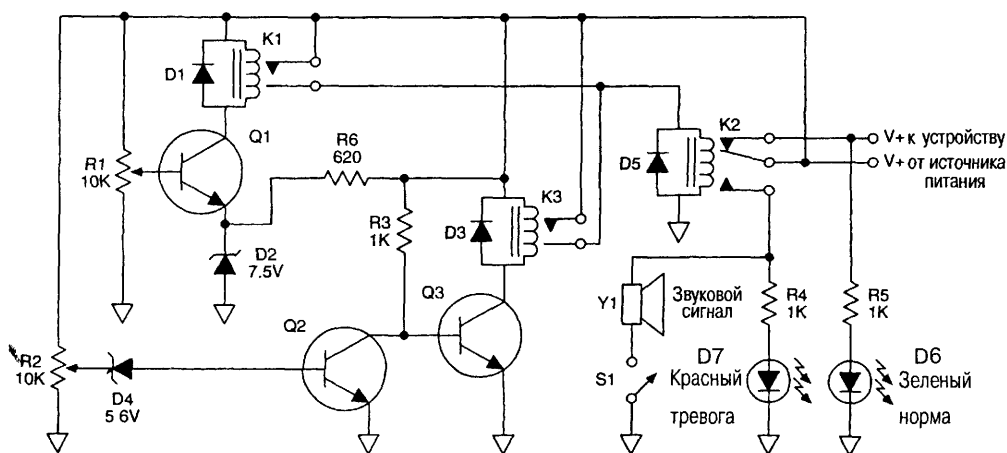
Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
1N5338A	KC407Г		
1N5349A	KC212		
2N5060	KY104		
BC108		КТ315, КТ3102 и т.п.	
BS170		КТ733В1	
C106D	T106-10-1-8		
PD638		ФДЗ	Любые фотодиоды, работающие в видимом диапазоне. Наилучшие результаты даст использование ФД24
ZTX300			У импульсных транзисторов компании Zetex нет ни аналогов, ни прямых замен. Следует отбирать транзисторы, имеющие при заданном токе коллектора максимальный коэффициент передачи тока на границе насыщения V_{ce}

ГЛАВА 3

СХЕМЫ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ

АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ



73 *Amateur Radio Today*

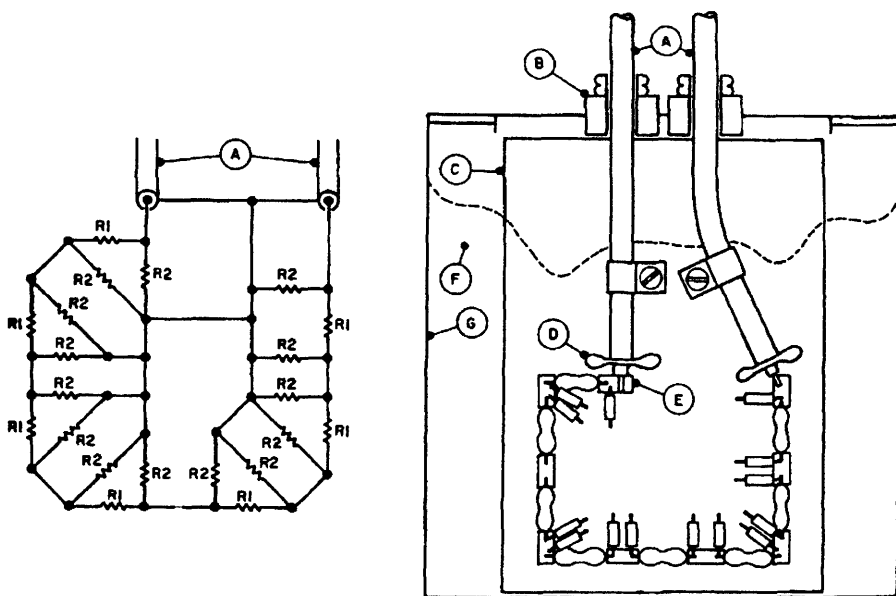
Рис. 3.1

Напряжение от источника питания радиостанции с номинальным уровнем 13,8 В подается на оборудование через нормально замкнутые контакты реле K2. Это же напряжение используется для питания схемы защиты, показанной на рис. 3.1; оно поступает на подстроечные резисторы R1 и R2 сопротивлением по 10 кОм, движки которых установлены точно в среднее положение. Напряжение на обоих движках составляет в нормальном режиме 6,9 В. При колебаниях напряжения источника питания в пределах от 11,2 до 15 В напряжение на движках будет меняться от 5,6 до 7,5 В. Стабилитрон D2 определяет верхний порог на уровне 15 В, а резистор R5 и стабилитрон D4 – нижний порог на уровне 11,2 В. Напряжение с движка R1 подается прямо на базу транзистора Q1, реле K1 выключено, и его нормально разомкнутые контакты предотвращают срабатывание реле K2, через нормально замкнутые контакты которого напряжение от источника питания подается на радиостанцию. При превышении напряжением порогового уровня в 15 В напряжение на базе транзистора Q1 также растет и по достижении 7,5 В вызывает срабатывание реле K1. Нормально разомкнутые контакты реле K1 замыкаются, включается реле K2; его нормально замкнутые контакты размыкаются, прекращая подачу

напряжения на оборудование радиостанции. В случае падения напряжения ниже уровня в 11,2 В стабилитрон D4 закрывается, вызывая запираение транзистора Q2. Это приводит к открыванию транзистора Q3, после чего срабатывает реле К3. Через контакты К3 напряжение от источника питания поступает на обмотку реле К2, удерживая открытыми его нормально замкнутые контакты, снимая напряжение со светодиода D6 и оборудования станции, а напряжение питания подается на светодиод D7 и на звуковой сигнализатор.

АТТЕНЮАТОР: 10 дБ, 50 Вт

Аттенюатор на 10 дБ дает ослабление сигнала в 10 дБ на низких частотах. В диапазонах 2 м и 70 см затухание в схеме увеличивается до 10,8 и 12,0 дБ с учетом потерь в соединительных кабелях RG-58U, составляющих 0,4 и 0,6 дБ соответственно. Основной целью при разработке аттенюатора было получение коэффициента стоячей волны (КСВ) меньшего 1,1:1 в диапазоне 70 см. На параметры схемы существенно влияют различные заполнители. Если конструкция оптимизирована под минимальный коэффициент в воздушной среде, то при погружении ее в растительное масло КСВ возрастает примерно до величины 1,3:1. Изменение КСВ происходит за счет влияния диэлектрика (точнее, его диэлектрической проницаемости), увеличивающего паразитные емкости. Это обстоятельство было учтено при разработке схемы, и вместо масла использовали парафин.



Предупреждение. Парафин имеет относительно низкую температуру плавления; его можно применять для изготовления обычных свечей.

Кроме того, для снижения распределенной емкости схемы следует увеличить расстояние между деталями схемы и платой, используя в качестве монтажных площадок по две спаянные вместе небольшие пластины из фольгированного материала, которые, в свою очередь, припаиваются к основной плате. Это позволяет приподнять детали над платой на высоту до 3 мм. Законченная конструкция имеет КСВ меньше 1,1:1 в диапазонах 70 см и 2 м.

Схема и описание конструкции аттенюатора на 10 дБ:

R1, 10 Ом, 0,5 Вт (7 шт.); R2, 1 кОм, 0,25 Вт (14 шт.)

А. Вход/выход – отрезки кабеля RG-58U длиной 0,91 м.

В. Проходные изолирующие вставки для кабелей, отверстие диаметром 6,3 мм.

С. Монтажная плата 88,9×60,3×1,6 мм – фольгированный материал.

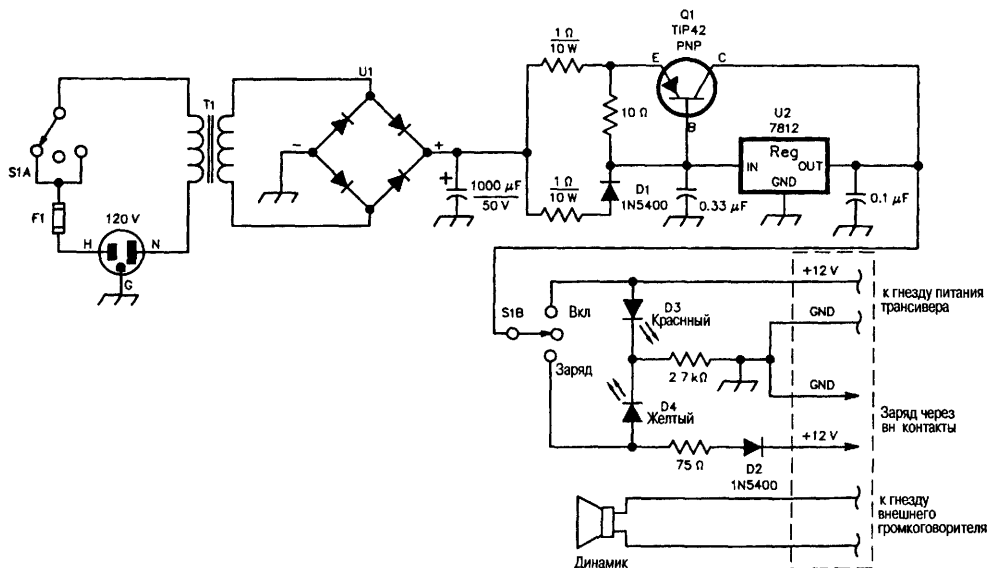
Д. Оплетка каждого кабеля расплетена и скручена в два жгута, которые припаяны к монтажной плате минимальным количеством припоя.

Е. Монтажные площадки (всего 9 шт.), стеклотекстолит двойной толщины, 6,35×3,2×3,2 мм, собраны из двух пластинок нормальной толщины (1,6 мм).

Ф. Заполнитель – парафин. Контейнер должен быть заполнен расплавленным парафином до уровня на 6 мм ниже крышки. Чтобы парафин расплавился, поместить контейнер в горячую воду (около 93 °С).

Г. Контейнер – жестяная банка 0,55 л (например, от растворимого кофе).

АДАПТЕР ДЛЯ РАДИОСТАНЦИИ ДИАПАЗОНА 2 М



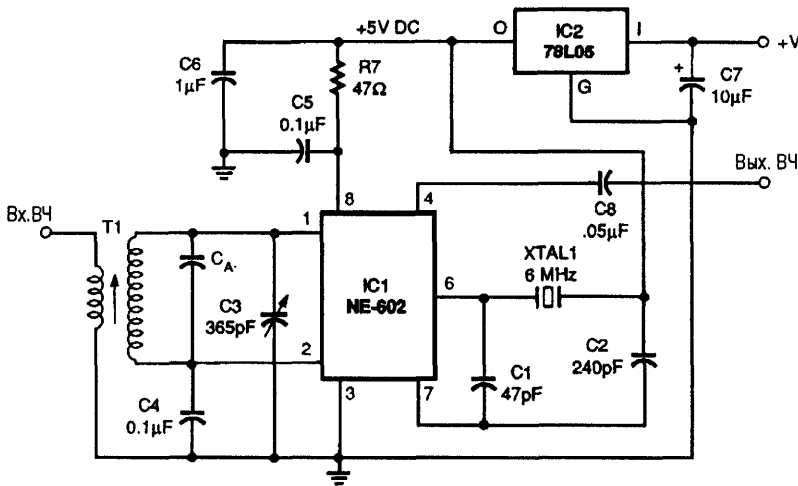
Примечание. Все резисторы – мощностью 0,25 Вт (если не указано иное).

Адаптер для карманной радиостанции предназначен для небольших карманных радиотелефонов (НТ) и обеспечивает питание и интерфейс с громкоговорителем, а также возможность заряда аккумуляторной батареи. Прибор был разработан для модели Icom 02-АТ, но на его основе можно изготовить адаптеры для радиотелефонов других моделей и фирм.

Таблица 3.3

D1, D2	Импульсные диоды, 3 А, 50 В
D3	Светодиод красный
D4	Светодиод желтый
F1	Предохранитель на ток 0,5 А, с держателем
Q1	Мощный ррр-транзистор
S1	Переключатель на два направления, три положения (среднее – выкл.)
T1	Силовой трансформатор, выходное напряжение 18 В, ток 2 А
U1	Выпрямительный мост, 4 А, 100 В
U2	Интегральный стабилизатор типа 7812 или аналогичный, в корпусе ТО-220

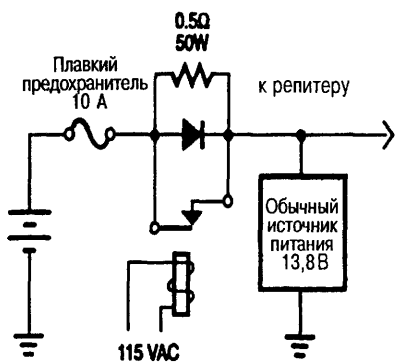
КОНВЕРТЕР СИГНАЛОВ СЕВ В ДИАПАЗОН 75 М



Эта схема конвертера КВ диапазона будет преобразовывать сигнал радиостанции WWV частотой 10 МГц (входит в состав СЕВ – Системы Единого Времени) в сигнал любительского диапазона 75 м. Блок местного гетеродина микросхемы NE-602 имеет внешние выводы 6 (база) и 7 (эмиттер). В этой схеме кварцевый генератор на 6 МГц собран прямо на NE-602. Конденсаторы C1 и C2 образуют контур обратной связи. Цепь из C2 и XTAL1 может быть подключена и к шине питания 15 В, и к земле (на рис. 3.4 показан первый вариант). Разность частот

между сигналом станции WWV и сигналом кварцевого гетеродина (6,00 МГц) составляет 4,00 МГц, что соответствует высокочастотной области радиолюбительского диапазона 75 м. Кварцы с другими частотами дадут другие выходные суммарные или разностные частоты, так что можно просто перестроить приемник, если использована частота гетеродина, отличная от 6,00 МГц.

РЕЗЕРВНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ РЕПИТЕРА



*Nuts & Volts
Magazine*

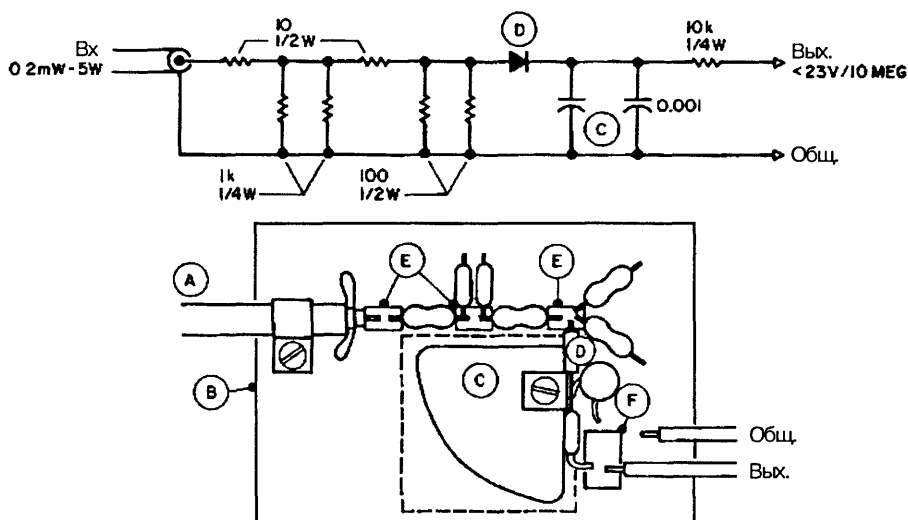
Рис. 3.5

Если для репитера понадобился резервный источник питания, то он может быть собран в соответствии с приведенной на рис. 3.5 схемой. Соедините согласно схеме резервную аккумуляторную батарею 12 В, реле и резистор 0,5 Ом мощностью 50 Вт. В штатном режиме батарея заряжается малым током (менее 1 А) через резистор 0,5 Ом. При пропадании напряжения сети ток начнет течь от батареи в нагрузку, причем несколько миллисекунд он течет только через диод. Потом реле выключается и замыкаются контакты, полностью исключающие потери от падения напряжения на диоде. Если в репитере источник питания на 13,8 В не используется, то следует применить зарядное устройство

для аккумуляторных батарей на ток 2 А и включить резистор сопротивлением 0,5–1 Ом (мощность 50 Вт) последовательно с батареей. При этом ток заряда составит примерно 0,5 А, а также обеспечит непрерывный подзаряд аккумуляторной батареи.

ЭКВИВАЛЕНТ НАГРУЗКИ И ДЕТЕКТОР

Два резистора мощностью 0,5 Вт и сопротивлением по 100 Ом каждый, соединенных параллельно и подключенных в качестве нагрузки к коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 50 Ом (при условии, что монтаж выполнен с минимальной длиной выводов), будут с большой степенью точности соответствовать простой коаксиальной заглушке в 50 Ом, а коэффициент стоячей волны (КСВ) всей конструкции может быть меньше 1,1:1. Если же в схему добавить диодный детектор, то у нагрузки появится емкостная составляющая, что приведет к ухудшению КСВ до 1,5:1 или более. В показанной на рисунке схеме для компенсации этого явления использован резисторный аттенуатор Т-типа на 2 дБ, который включен между кабелем и нагрузкой с диодным детектором и рассчитан на получение КСВ не более 1,1:1. Максимальная рассеиваемая мощность данного устройства составляет 5 Вт, но если применять принудительное охлаждение потоком воздуха, то с этим эквивалентом нагрузки можно работать и при более высоких



73 Amateur Radio Today

Рис. 3.6

уровнях мощности. В таком случае желательно максимально сокращать время проведения измерений.

Принципиальная электрическая схема и конструкция радиолюбительского эквивалента нагрузки/детектора:

А. Вход – отрезок коаксиального кабеля RG-58U длиной 305 мм. Оплетка расплетена и скручена в два коротких жгута, которые припаяны к печатной плате минимальным количеством припоя.

В. Основание – плата из фольгированного стеклотекстолита, 76×51×1,6 мм.

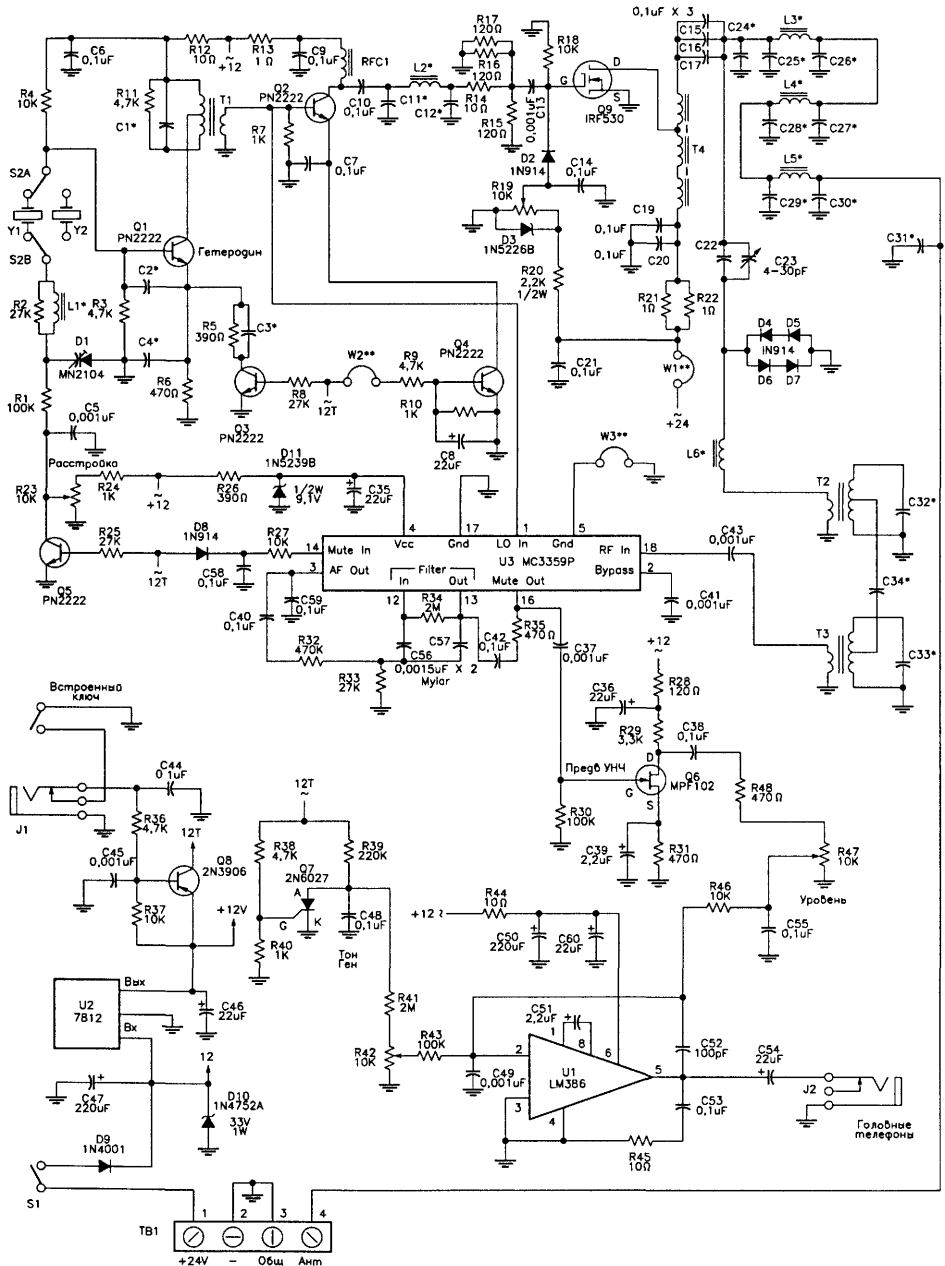
С. Конденсатор – в виде сектора круга с раствором 90°, радиусом 25,4 мм, толщиной 0,51 мм из листового алюминия «Рейнольдс». Поверхность отполирована стеклянной шкуркой 220 grit для удаления заусенцев и царапин. Диэлектрик – полиэтилен 2,7 мил (1 мил = 0,0254 мм; в данной конструкции использовался материал от мешочков «Зиплок», предназначенных для хранения продуктов в морозильнике). В качестве вывода обкладки конденсатора использован винт типоразмера 2-56, установленный в пластмассовый изолятор, который расположен на нижней стороне основания. Отверстие под винт с обеих сторон раззенковано сверлом большого диаметра во избежание замыканий на фольгу.

Д. Диод пикового детектора 1N34A специально отобран по обратному сопротивлению (оно должно быть менее 5 МОм).

Е. Пластины для монтажа деталей эквивалента нагрузки, 6,3×3,2×1,6 мм, нарезаны из фольгированного стеклотекстолита. Пластины приклеить к основанию каким-либо подходящим клеем или припаять.

Ф. Пластины для монтажа выходных контактов, 9,5×6,3×1,6 мм, нарезаны из фольгированного стеклотекстолита. Пластины приклеить к основанию каким-либо подходящим клеем или припаять.

10-ВАТТНЫЙ ТЕЛЕГРАФНЫЙ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК



Примечание.

* Элементы, номиналы которых зависят от рабочего диапазона (см. табл. 3.7).

** Перемычки, выполненные оголенным проводом на печатной плате.

Транзистор Q9 и микросхема U2 требуют теплоотвода; все резисторы – мощностью 0,25 Вт (если не указано иное), электролитические конденсаторы – на напряжение 35 В, керамические дисковые конденсаторы – на напряжение 100 В. Все катушки и контуры намотаны эмалированным проводом указанного сечения на соответствующих тороидальных сердечниках.

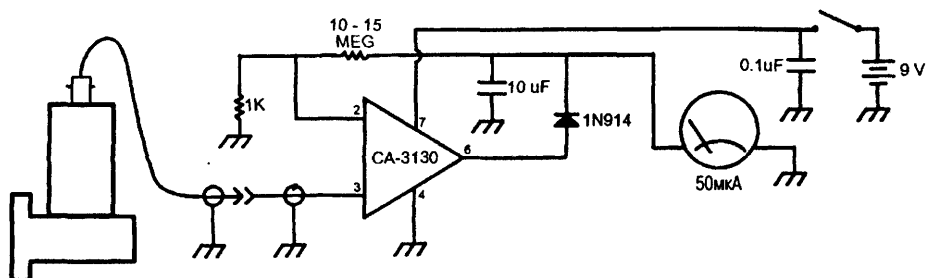
Этот преамплицей рассчитан на радиолюбительские КВ диапазоны 80, 40 или 30 м. Кварцевый задающий генератор работает на предварительный каскад и радиочастотный усилитель мощности, отдающий на выходе мощность около 10 Вт. В приемнике применена интегральная микросхема MC3359, однако в качестве гетеродина использован кварцевый генератор передатчика, а для точной отстройки приемника в режиме RIT служит варикап. Трансивер снабжен тональным генератором для облегчения контроля за передаваемым телеграфным сигналом. Напряжение питания может быть в пределах 18–28 В, ток потребления – 1 А.

Таблица 3.7

Элемент	80 М	40 М	30 М
C1	390 пФ	68 пФ	не используется
C2	18 пФ	5 пФ	не используется
C3	680 пФ	270 пФ	не используется
C4	820 пФ	680 пФ	390 пФ
C11, C12	820 пФ	390 пФ	270 пФ
C18, C34	39 пФ	18 пФ	10 пФ
C22	18 пФ	не используется	не используется
C25, C31	390 пФ	270 пФ	180 пФ
C26, C28	390 пФ	не используется	390 пФ
C27, C29	820 пФ	680 пФ	68 пФ
C30	68 пФ	не используется	не используется
C32, C33	390 пФ	68 пФ	не используется
L1 (FT37-61)	40 витков, #30	23 витка, #28	17 витков, #28
L2 (T50-2)	22 витка, #24	14 витков, #24	12 витков, #24
L3, L5 (T50-2)	22 витка, #24	17 витков, #24	14 витков, #24
L4 (T50-2)	25 витков, #24	19 витков, #24	16 витков, #24
L6 (FT-37-61)	30 витков, #28	25 витков, #28	15 витков, #28

УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ВОЛНОМЕРА ДИАПАЗОНА 10 ГГц

Этот усилитель подключается к волноводной детекторной секции СВЧ диапазона, и получается СВЧ волномер. Для удобства вся схема работает от одной батареи 9 В.



73 Amateur Radio Today

Рис. 3.8

Примечание. Волноводная детекторная секция диапазона 10 ГГц. Обычно используется диод 1N23.

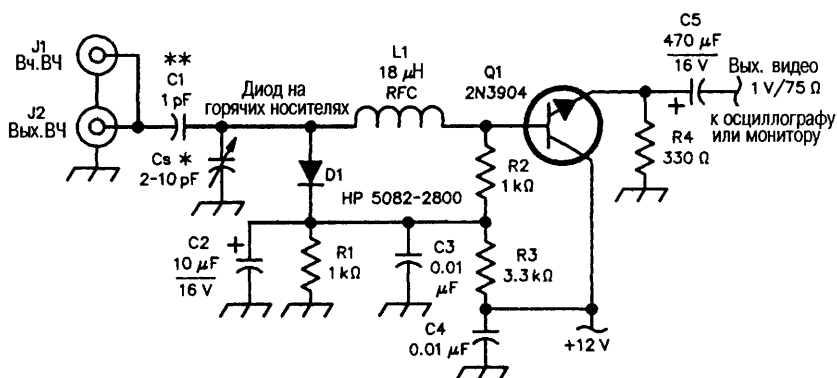
Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
1N23	D605	D405	Любой СВЧ смесительный или детекторный диод диапазона 2,8–3,4 см (10 ГГц)
1N4752A	KC533A	KC528H	
1N5226B	KC156		
1N5336B	KC191		
1N5400		KD257	
2N6027	KY113		
MC3359	KP174XA26		
MJEF34		KT816	Любой мощный pnp-транзистор с максимальным током коллектора большим 3 А
TIP42		KT816	
MV2104		KB107A	Любой варикап для КВ диапазона с максимальным напряжением меньшим 10 В

ГЛАВА 4

СХЕМЫ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЬСКОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

ОТВЕТВИТЕЛЬ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЬСКОГО ТВ



QST

Рис. 4.1

Примечание.

* Подобрать емкость конденсатора C_s для получения на видеовыходе напряжения сигнала с размахом 1 В при номинальном уровне сигнала ВЧ.

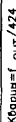
** Емкость конденсатора обратно пропорциональна номинальной мощности сигнала ВЧ.

Данное устройство может быть использовано для получения демодулированного видеосигнала непосредственно с выхода любительского телевизионного передатчика. Небольшая часть мощности сигнала в антенном фидере ответвляется и детектируется, и полученный видеосигнал подается на эмиттерный повторитель. Емкость конденсатора C_1 выбрана для получения двойной амплитуды сигнала около 1 В при нормальных условиях передачи. Эта схема предназначалась для ТВ сигналов с АМ и несущей 440 МГц. Она не будет работать с ЧМ сигналами или в диапазонах 900 или 1300 МГц. Для отбора мощности от радиочастотной линии без внесения заметных неоднородностей и скачков волнового сопротивления в тракт может быть использован полосковый направленный ответвитель.

Это перестраиваемый конвертор с преобразованием вниз. Он перекрывает как диапазон 902–928 МГц, так и диапазон 1240–1300 МГц для приема любительских телевизионных передач или других широкополосных сигналов. Малошумящий радиочастотный усилитель NEC 25139 включен перед смесителем на транзисторе BFR90, на второй вход которого подан сигнал с местного перестраиваемого гетеродина, также собранного на транзисторе BFR90 и работающего на частоте на 61 или 67 МГц меньше частоты принимаемого сигнала. В усилителе промежуточной частоты использована пара транзисторов 2N3563. Общее усиление составляет от 37 до 40 дБ, а уровень шумов – около 1,5 дБ. Управляющее напряжение системы автоматической регулировки усиления (АРУ) может быть подано на второй затвор входного ВЧ усилителя для снижения усиления тракта ВЧ при мощных входных сигналах. Для уменьшения усиления тракта ВЧ примерно на 30 дБ необходимо подать напряжение около –3 В. Для перестройки можно либо использовать расположенный прямо на плате переменный резистор R24, либо подавать управляющее напряжение в диапазоне от 10 до 20 В по коаксиальному кабелю, подключаемому к выходу усилителя промежуточной частоты в случае дистанционной перестройки. Естественно, что для диапазонов 900 и 1300 МГц используются разные полосковые линии и для каждого диапазона нужен свой конвертор, но механическая конструкция и принципиальная электрическая схема у обоих конверторов идентичны.

ПЕРЕДАТЧИК ДИАПАЗОНА 1,3 ГГц ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЬСКОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Этот телевизионный передатчик работает от источника питания +12 В и развивает пиковую мощность около 1 Вт на вершине синхроимпульса. Частота выходного сигнала может быть в диапазоне 1240–1300 МГц, однако возможна работа и на частотах до 1325 МГц (диапазон, разрешенный в Великобритании). Выход рассчитан на видеосигнал с размахом 1 В на 75 Ом, синхроимпульс отрицательный; аудиовход рассчитан на сигнал амплитудой от 5 мВ до 1 В, входное сопротивление 55 кОм. Для работы в системе PAL необходимо сократить число витков катушки L16 до 11, чтобы получить частоту 5,5 МГц для поднесущей звука.



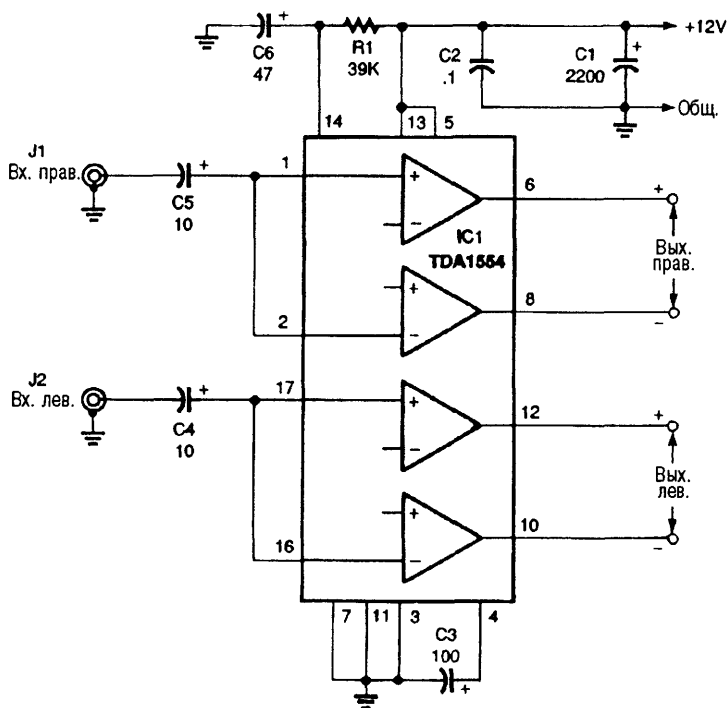
Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
25139	КП327А,В	КП346А-9; КП382А	
1N754		КС162	
1N757А		КС182	
2N3563		КТ6113; КТ375; КТ345; КТ315; КТ3142; КТ3102Г,Е	
2N3565		КТ6113; КТ375; КТ345; КТ315; КТ3142; КТ3102Г,Е	
2N3569		КТ6113; КТ375; КТ345; КТ315; КТ3142; КТ3102Г,Е	
BFR90	КТ3198А	КТ371А, КТ3190А	
HP 5082-2800			Диод на горячих электронах
MPS3866	КТ939А		
MRF557		КТ948; КТ996Б-2; КТ9141; КТ9143; КТ919; КТ938	
MRF837		КТ634; КТ640; КТ657Б-2	
MV2101		KB102; KB107А,В	Любой высокочастотный варикап для диапазона УКВ
MJE200	КТ9181		

ГЛАВА 5

СХЕМЫ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

22-ВАТТНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ 12-ВОЛЬТОВЫХ СИСТЕМ



Popular Electronics

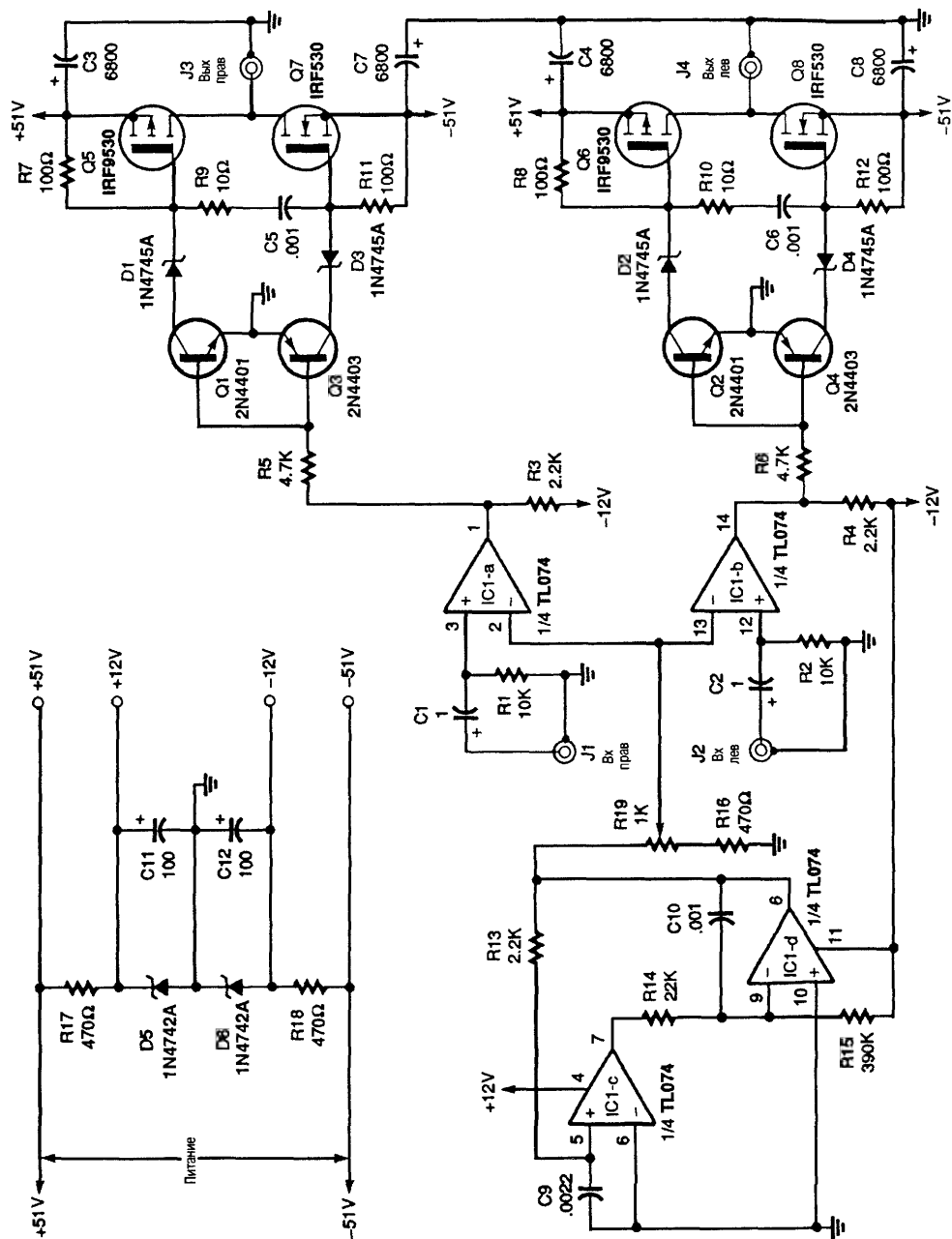
Рис. 5.1

В качестве источника питания для этой схемы (+12 В) можно использовать автомобильный аккумулятор. Предусматривается также соединение с массой автомобиля. Конденсаторы C1 и C2 обеспечивают развязку от любых сигналов и помех, присутствующих в шинах питания, тогда как конденсатор C3, подключенный непосредственно к микросхеме IC1, обеспечивает сглаживание пульсаций. Входной аудиосигнал подается на IC1 через конденсаторы C4 и C5. Эти конденсаторы емкостью 10 мкФ используются для устранения завала АЧХ усилителя в области

низких частот аудиоспектра. Цепочка из резистора R1 и конденсатора C6 управляет схемой бесшумного запуска (входит в состав микросхемы IC1), формирующей задержку включения выходного каскада, благодаря чему устраняются щелчки при подключении питания. Постоянная времени этой RC-цепи составляет около 1,4 с. Номиналы элементов, подключаемых к IC1, не являются критическими, однако не следует использовать детали с номиналами, отличающимися на порядок и более от рекомендованных. На вывод 14 (схема бесшумного включения) микросхемы IC1 надо подать напряжение большее 8,5 В для включения усилителя; в других случаях напряжение на данном выводе должно быть меньше 3,3 В – в таком режиме основные блоки микросхемы отключены. Потребляемый ток по этому выводу составляет около 40 мкА в рабочем режиме или 100 мкА в режиме покоя. Используемые в данном случае номиналы резистора R1 и конденсатора C6 (39 кОм и 47 мкФ) обеспечивают достаточную задержку включения режима нормальной работы, необходимую для устранения щелчка при подаче напряжения питания, но практически незаметную для слушателя. Помимо этой небольшой задержки напряжение на выводе 14 нарастает до порогового уровня 8,5 В постепенно, по мере заряда конденсатора C6, вместо быстрого скачка, как при использовании обычного переключателя. Значения номиналов конденсатора C6 и резистора R1 не критичны, но R1 должен быть не более 100 кОм, и соответственно постоянная времени цепи R1C6 будет порядка 1–2 с. Маленькая постоянная времени не позволит полностью устранить щелчок при включении; слишком большая ничем не повредит, разве что задержка в появлении сигнала вызовет некоторое раздражение у слушателя.

60-ВАТТНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ КЛАССА D

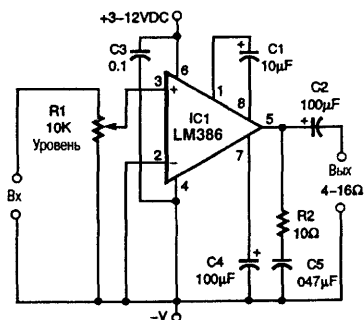
На рисунке показана схема импульсного усилителя. Для его питания требуется отдельный двухполярный источник питания на 51 В. К этому источнику подключена пара стабилитронов D5 и D6, напряжение на которых дополнительно фильтруется конденсаторами C11 и C12 и обеспечивает напряжение 12 В для низковольтной части схемы. Основная часть мощности источника питания 51 В идет на высоковольтную часть схемы – собственно усилитель мощности. Сигналы правого и левого каналов подаются на усилитель через входные разъемы (соответственно J1 и J2). Два операционных усилителя из микросхемы TL074, обозначенные IC1-c и IC1-d, генерируют треугольный опорный сигнал с двойной амплитудой 4 В и частотой 50 кГц. С выхода этого генератора опорный сигнал подается на потенциометр R19, позволяющий использовать усилитель с входными сигналами, максимальный размах которых может быть в пределах от 1 до 4 В двойной амплитуды. Два других операционных усилителя, IC1-a и IC1-b, работают в режиме компараторов: на их выходах получаются сигналы с широтно-импульсной модуляцией, которые и поступают на входы левого и правого каналов усилителя. В правом канале усилителя напряжение сигнала с выхода компаратора (через ограничивающий ток резистор R5) поступает на схему сдвига уровня, собранную на биполярных транзисторах. Схема сдвига уровня имеет



положительное и отрицательное плечо. Транзистор Q1, диод D1 и резистор R7 образуют положительное плечо, а транзистор Q3, диод D3 и резистор R11 – отрицательное. Оба плеча соединены с общим проводом через эмиттеры Q1 и Q3, причем потенциал общего провода является для схемы опорным. Такая схема сдвига уровня позволяет получить напряжение 17 В на цепи, образованной транзисторами Q1, Q3 и стабилитронами D1 и D3. Достаточно большой ток, текущий в этой цепи, позволяет быстро перезаряжать паразитные емкости затворов мощного МОП транзистора, что обеспечивает быстрое включение и выключение транзисторов двухтактного выходного каскада, собранного на транзисторах Q5 и Q7. Резистор R3 предназначен для удержания среднего значения напряжения выходного сигнала около потенциала средней точки источника питания. Без этого резистора среднее значение выходного сигнала прямоугольной формы стремится к некоторому отрицательному потенциалу. RC-цепь, состоящая из соединенных последовательно резистора R9 и конденсатора C5, соединяет затворы n-канального и p-канального МОП транзисторов и позволяет свести к минимуму коммутационные шумы, а также обостряет фронты выходного прямоугольного сигнала. Необходимо отметить, что в обоих каналах в цепях питания включены элементы, предназначенные для деления однополярного напряжения питания пополам. Конденсаторы C3, C4, C7 и C8 образуют последовательно-параллельную цепь, которая преобразует однополярное напряжение питания 51 В в два разнополярных напряжения 25,5 В. На выход усилителя можно подключать широкополосные громкоговорители или колонки мощностью до 60 Вт_{эфф}, которые демодулируют широтно-импульсный сигнал и формируют усиленные звуковые колебания. (При пиковой выходной мощности на комплексной нагрузке 8 Ом ток потребления усилителя будет примерно 1,2 А при напряжении питания 51 В.)

СТАБИЛЬНЫЙ УНЧ НА LM386

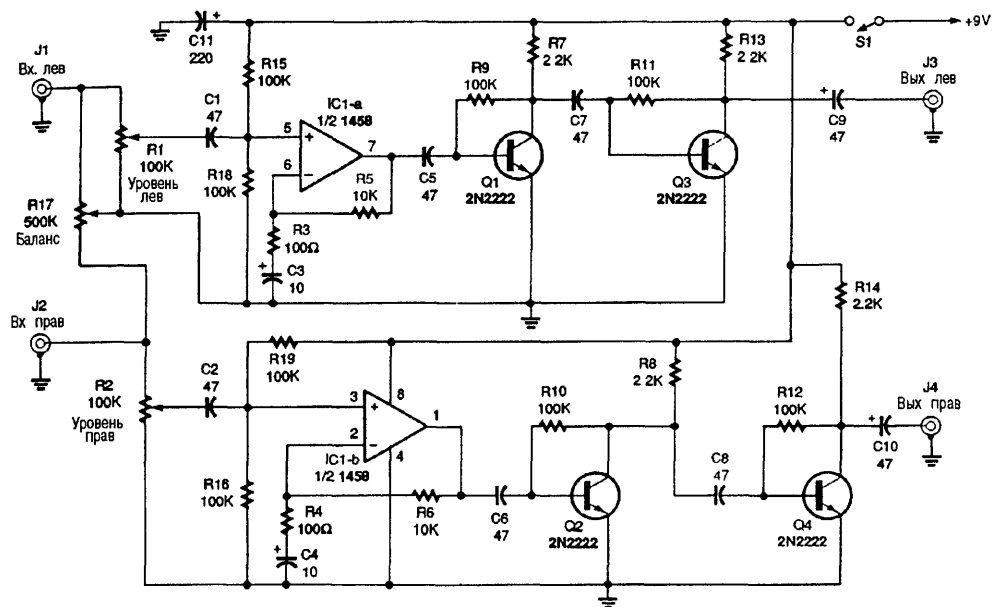
Предлагаемая схема содержит несколько дополнительных деталей, добавленных для повышения стабильности усилителя на микросхеме LM386. Резистор R2, конденсаторы C3, C4 и C5 зачастую не устанавливают, но при определенных условиях, зависящих от конструкции и разводки, их отсутствие может привести к нестабильности работы или даже к самовозбуждению схемы. Если необходима устойчивая работа усилителя, то все эти элементы следует обязательно применить. Выходная мощность может достигать 1 Вт в зависимости от напряжения питания и сопротивления нагрузки.



Electronics Now

Рис. 5.3

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ СТЕРЕОУСИЛИТЕЛЬ



Popular Electronics

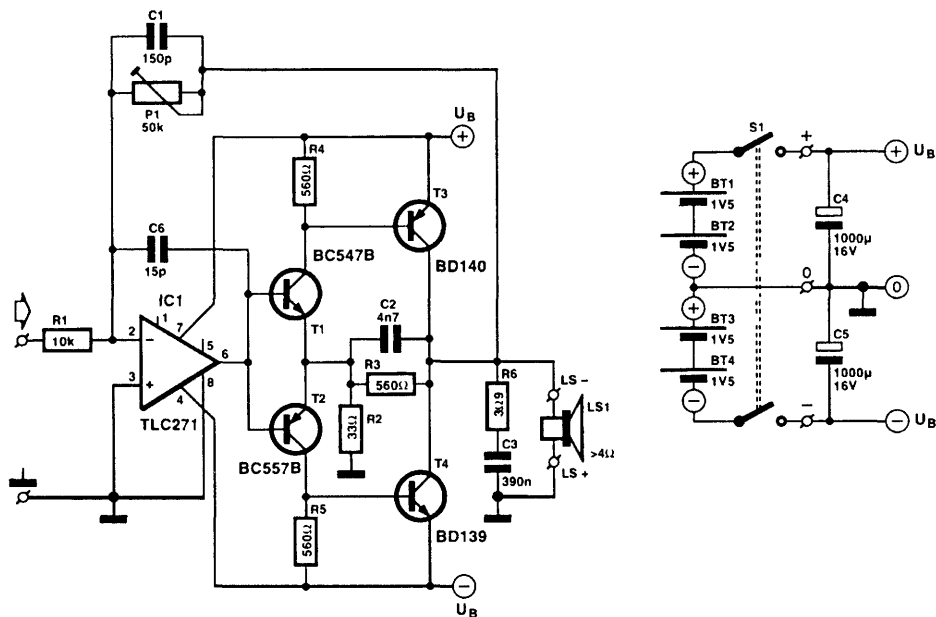
Рис. 5.4

Звуковой сигнал с выхода аудиоустройства подается на левый и правый входы схемы (J1 и J2). Потенциометрами R1 и R2 можно регулировать уровень входных сигналов, а потенциометром R17 – баланс. Входные сигналы подаются через конденсаторы C1 и C2 на неинвертирующие входы операционных усилителей IC1-a и IC1-b. Поскольку микросхема IC1 работает от однополярного источника питания, то выходные сигналы имеют постоянную составляющую, равную примерно половине напряжения питания. Выходные сигналы операционных усилителей поступают на базы двух транзисторов 2N2222 (Q1 и Q2), которые дополнительно усиливают сигналы левого и правого каналов. Выходы транзисторных каскадов соединены с базами еще двух транзисторов 2N2222 (Q3 и Q4), также усиливающими сигналы обоих каналов. Пары транзисторов помимо этого играют роль буферных каскадов.

МИНИАТЮРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ НЧ

Компактный усилитель мощности с малым током потребления используется в разных случаях. Ниже перечислены основные требования для его разработки. Необходимо, чтобы мини-усилитель удовлетворительно работал от батарей, причем даже при напряжении питания 1,5 В. Его ток покоя не должен превышать 1 мА, а КПД должен достигать 70%. Мини-усилитель развивает выходную мощность до

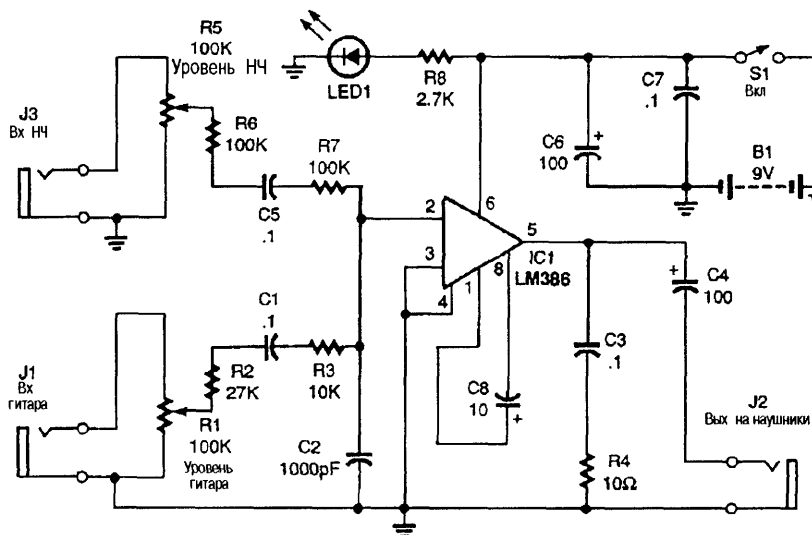
500 мВт при сопротивлении нагрузки 8 Ом (или 800 мВт при сопротивлении нагрузки 4 Ом), имеет чувствительность 400 мВ, а коэффициент нелинейных искажений никогда не превышает 1,2%. Поскольку у выходных транзисторов нет резисторов в цепях эмиттеров, выходное напряжение ограничивается только напряжением излома выходной характеристики транзисторов Т3 и Т4. На нагрузке 4–8 Ом это напряжение может находиться в пределах 0,2–0,3 В, так что транзисторы могут открываться фактически до напряжения питания. Общая ширина полосы пропускания усилителя должна быть не менее 21 кГц при максимальном коэффициенте усиления равном 5. При нагрузке в 4 Ом пиковый выходной ток достигает 700 мА. Предохранитель на 315 мА, который можно включить последовательно с выходом, является простым, но эффективным средством защиты от короткого замыкания в нагрузке. При воспроизведении музыкальных сигналов на максимальной мощности средний ток потребления составит только 50 мА. При нормальной работе входной сигнал никогда не бывает максимальным постоянно, так что реальный средний ток потребления значительно меньше. С комплектом из четырех батарей для карманного фонаря усилитель может непрерывно работать до 200 ч.



ПРОСТОЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ЭЛЕКТРОГИТАРЫ С ДВУМЯ ВХОДАМИ

Усилитель собран на микросхеме LM386 и имеет два отдельных входа, один из которых предназначен для основной электрогитары, а другой – для второй электрогитары, микрофона и т.п. В качестве источника питания используется батарея 9 В.

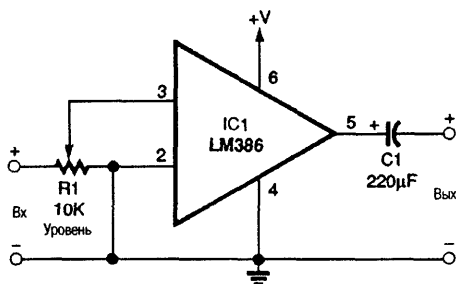
Хотя на схеме в качестве нагрузки указаны головные телефоны, усилитель может использоваться с небольшим громкоговорителем. Выходная мощность составляет 300–500 мВт и зависит от сопротивления нагрузки и напряжения питания.



Popular Electronics

Рис. 5.6

ПРОСТЫЙ УНЧ



Electronic Experimenters Handbook

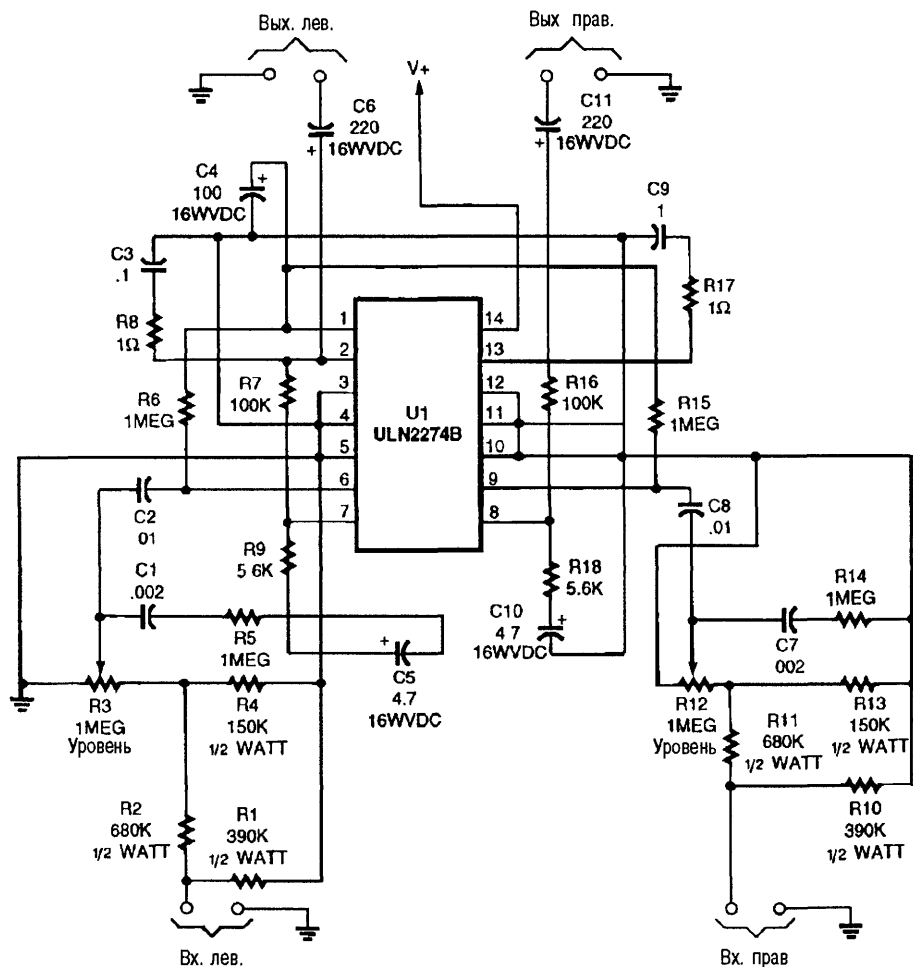
Рис. 5.7

Эта схема усилителя звуковой частоты имеет коэффициент усиления около 20. Напряжение питания может быть в пределах 3–12 В. Выходная мощность составляет около 1 Вт и зависит от сопротивления нагрузки и напряжения питания.

2-ВАТТНЫЙ СТЕРЕОУСИЛИТЕЛЬ

В усилителе применена микросхема ULN2274B, которая содержит два усилителя мощности низкой частоты, развивающих максимальную мощность до 2 Вт на канал и имеющих малый уровень нелинейных искажений. Так как в этом устройстве два совершенно идентичных канала, описан будет только один из них. Резистор R5 влияет на тембр звучания и может быть заменен переменным резистором. Уменьшение

сопротивления этого резистора приводит к большему подъему басов. Режим работы задается резистором R6 и конденсатором C4, а резисторы R7, R9 и конденсатор C5 образуют цепь обратной связи. Для более естественного звучания включена цепь из резистора R8 и конденсатора C3, которая создает небольшой завал для самых высоких частот. Конденсатор C6 обеспечивает гальваническую развязку нагрузки по постоянному току. Эта микросхема работает без заметных искажений в широком диапазоне напряжений питания – в пределах 6–26 В.

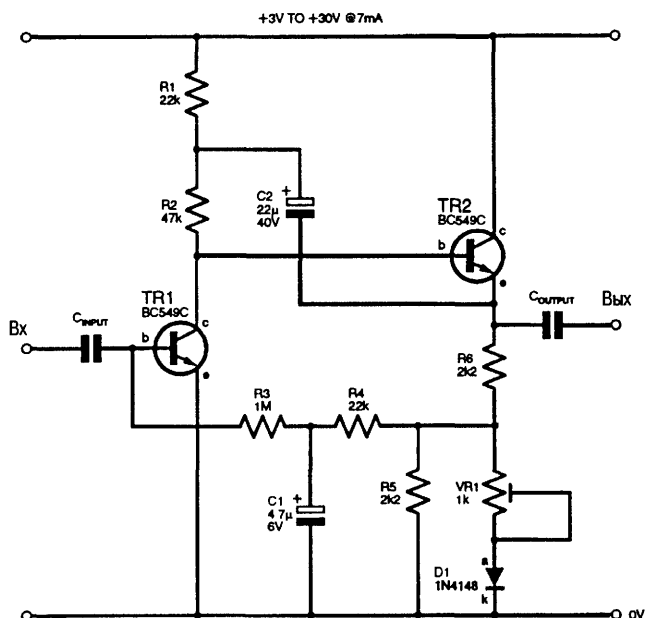


ГИТАРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ГОЛОВНЫХ ТЕЛЕФОНОВ

Благодаря этому усилителю, в котором есть и глубокий дисторшн-фузз на микросхеме IC1-d с диодами D1, D2, и блок псевдостерео на микросхеме IC2, воплотятся

Когда S1 находится в положении CRUNCH, диоды D1 и D2 вместе с микросхемой IC1-d создают фузз-подобный эффект, ограничивая усиливаемый сигнал на уровне 0,7 В. Сигналы частотой ниже 160 Гц ослабляются цепочкой из резистора R5 и конденсатора C6. Глубина эффекта «фузз» регулируется резистором R7 и потенциометром R6, а резистором R8 уровень искаженного сигнала устанавливается равным уровню сигнала на выходе регулятора тембра.

УСИЛИТЕЛЬ С БОЛЬШИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ

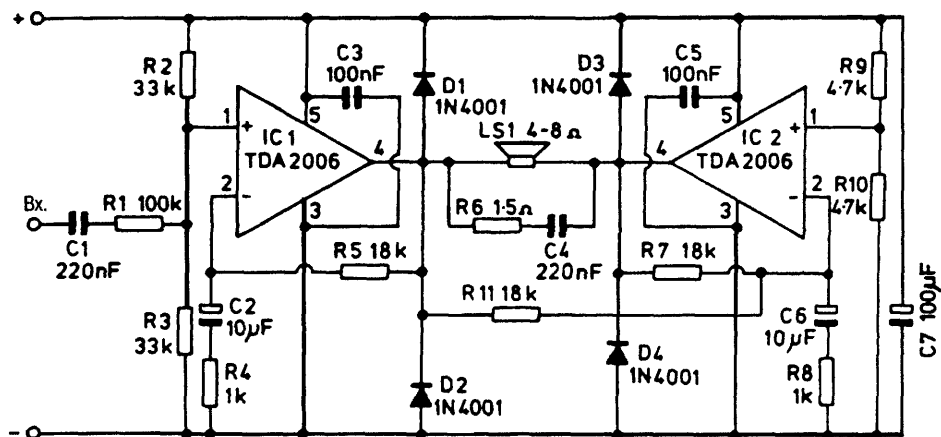


Everyday Practical Electronics

Рис. 5.10

Этот инвертирующий усилитель с большим коэффициентом усиления предназначен для работы с напряжением питания, меняющимся в пределах 3–30 В. Он содержит цепь вольтодобавки (резистор R1, конденсатор C2), которая служит для увеличения коэффициента усиления каскада примерно до 3000, а также позволяет получить малые искажения формы выходного сигнала при максимальной амплитуде. Входное сопротивление составляет примерно 80 кОм на частоте 200 Гц; на частоте 20 кГц уровень выходного сигнала составляет 80%, а ЭДС шума на выходе не превышает 14 мВ от пика до пика. Цепочка из диода D1 и резистора R5 включена в схему с целью пропорционального изменения напряжения смещения транзистора TR1 для компенсации любых изменений напряжения питания. Если же напряжение питания стабильное, то резистор R5 можно не устанавливать, а диод D1 закоротить. Потенциометром VR1 надо отрегулировать схему до получения симметричного ограничения максимального выходного сигнала.

МОЩНЫЙ УНЧ



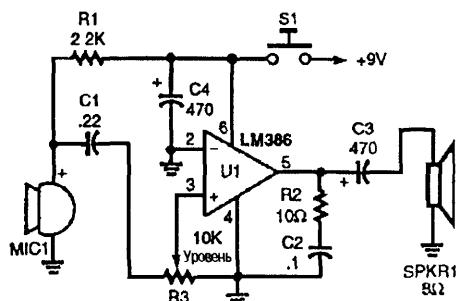
Electronic Experimenters Handbook

Рис. 5.11

Этот УНЧ (бустер) собран на двух микросхемах усилителей мощности типа TDA2006. Усилитель мощности IC1 включен, как можно видеть, в режиме неинвертирующего усилителя, причем на неинвертирующий вход с помощью делителя на резисторах R2, R3 подано напряжение смещения, равное половине напряжения питания. Резистор R5 обеспечивает 100-процентную обратную связь по постоянному току с выхода на инвертирующий вход IC1, так что устройство имеет на постоянном токе единичный коэффициент усиления, а уровень выходного напряжения составляет половину напряжения питания. Конденсатор C2 и резистор R4 уменьшают обратную связь на звуковых частотах и делают коэффициент усиления напряжения равным примерно 18 во всей полосе звуковых частот. Резистор R1 используется на входе усилителя для уменьшения его чувствительности до приемлемого уровня, а C1 – это просто разделительный конденсатор, препятствующий попаданию постоянного напряжения на вход усилителя. Микросхема IC2 используется в том же включении, но на ее неинвертирующий вход подается не входной сигнал, а только напряжение смещения с делителя на резисторах R9 и R10. Через резистор R11 выходной сигнал микросхемы IC1 поступает на инвертирующий вход IC2, а сопротивление резистора R11 выбрано так, чтобы микросхема IC2 имела единичный (по модулю) коэффициент усиления. Однако поскольку входной сигнал подается на инвертирующий вход IC2, то в этом каскаде усилителя происходит инвертирование фазы сигнала, что обеспечивает требуемые в таком усилителе противофазные сигналы на двух выходах. Диоды D1 – D4 включены для защиты от перегрузок обеих микросхем при индуктивных нагрузках, а резистор R6 и конденсатор C4 – для предупреждения самовозбуждения. Конденсаторы C3, C5 и C7 служат развязками в цепях питания.

МИНИ-МЕГАФОН

Мини-мегафон состоит из электретного микрофона (MIC1), низковольтного усилителя мощности низкой частоты (U1), рупорного громкоговорителя (SPKR1) и нескольких пассивных элементов.

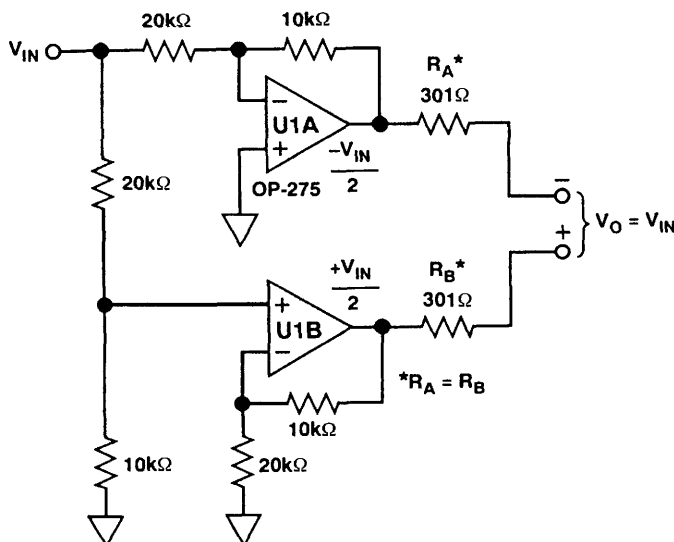


Popular
Electronics

Рис. 5.12

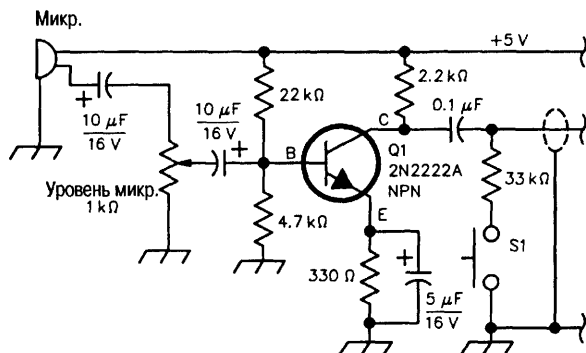
ДВУХТАКТНЫЙ КАБЕЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ НЧ

Кабельный усилитель для линий сопротивлением 600 Ом может быть собран на двух интегральных схемах – операционных усилителях. В качестве U1A и U1B использованы операционные усилители OP-275 производства фирмы Analog Devices. Эти микросхемы отличаются малым потреблением мощности, низким коэффициентом нелинейных искажений и высокой скоростью нарастания выходного напряжения.



ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ЭЛЕКТРЕТНОГО МИКРОФОНА СО СХЕМОЙ РТТ

Электрическая принципиальная схема электретного микрофона и усилителя. Все резисторы – мощностью 0,25 Вт. Разъем для подключения микрофона – RS 274-284.

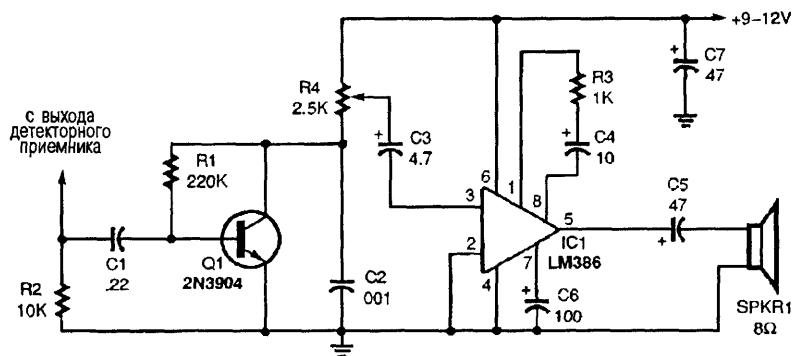


QST

Рис. 5.14

УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ДЕТЕКТОРНОГО ПРИЕМНИКА

Если вам захочется послушать детекторный приемник с комфортным уровнем громкости звука, заполняющего все пространство комнаты, то его надо просто подключить к этому усилителю.



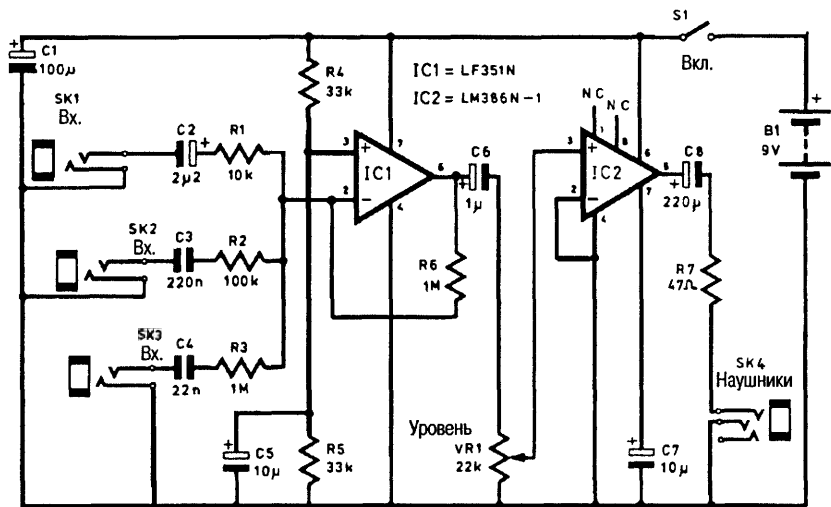
Popular Electronics

Рис. 5.15

МНОГОЦЕЛЕВОЙ МИНИ-УСИЛИТЕЛЬ

В этой схеме использованы две микросхемы усилителей низкой частоты: одна в предварительном усилителе, а другая – в усилителе мощности. Усилитель имеет три НЧ входа – для входных сигналов малого уровня (1 мВ), среднего (10 мВ) и высокого (100 мВ), чтобы работать на головные телефоны или на небольшой громкоговоритель. Микросхема LM386 отлично работает при выходной мощности 0,5 Вт или более, и небольшой громкоговоритель можно подключить прямо к точке соединения

конденсатора С8 и резистора R7. В таком случае между этой точкой и общим проводом должна быть предусмотрена цепочка из последовательно включенных резистора сопротивлением 22 Ом и конденсатора емкостью 0,1 мкФ для подавления возможных высокочастотных колебаний и устранения самовозбуждения.



Everyday Practical Electronics

Рис. 5.16

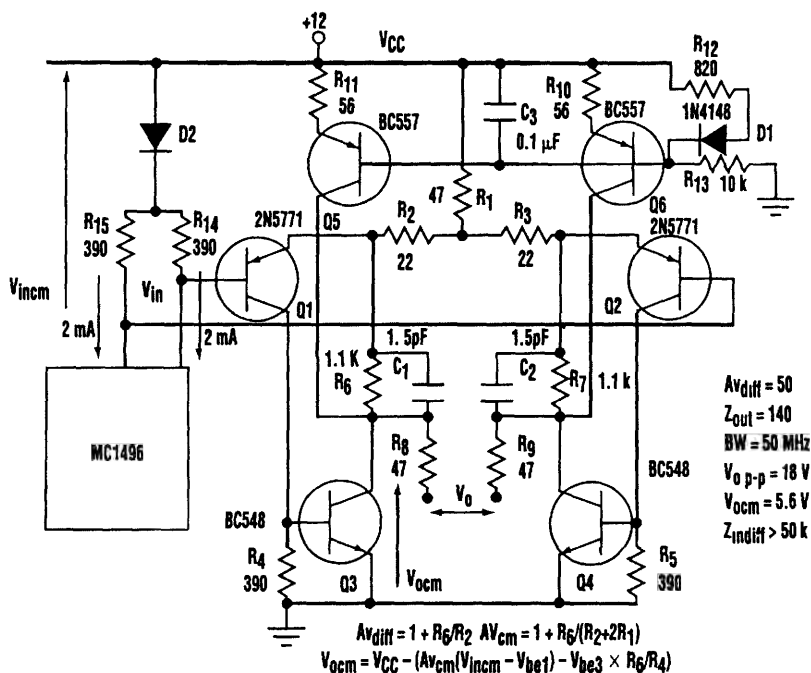
Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
1N4742A		KC212	
1N4745A		KC515	
2N4401	КТ6103, КТ6117	КТ504	
2N4403	КТ6102, КТ6116	КТ505	
BC547B	КТ3102		
BC549C	КТ3102		
BC557B	КТ3107		
BD139	КТ815		
BD140	КТ814		
IRF9530			МОП транзистор с каналом p-типа, комплементарный транзистору IRF530
LF351N		544УД1, УД2	Любой операционный усилитель с ПТ входом и полосой пропускания большей 5 МГц
TDA1554			Мостовой стерео УНЧ
TDA2006		К174УН19	
TL074			Счетверенный маломощный операционный усилитель с ПТ входом
TLC271			КМОП маломощный операционный усилитель с малым потреблением
UIN2274B			Стереоусилитель

ГЛАВА 6

РАЗЛИЧНЫЕ СХЕМЫ УСИЛИТЕЛЕЙ

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО ТОКУ



Electronic Design

Рис. 6.1

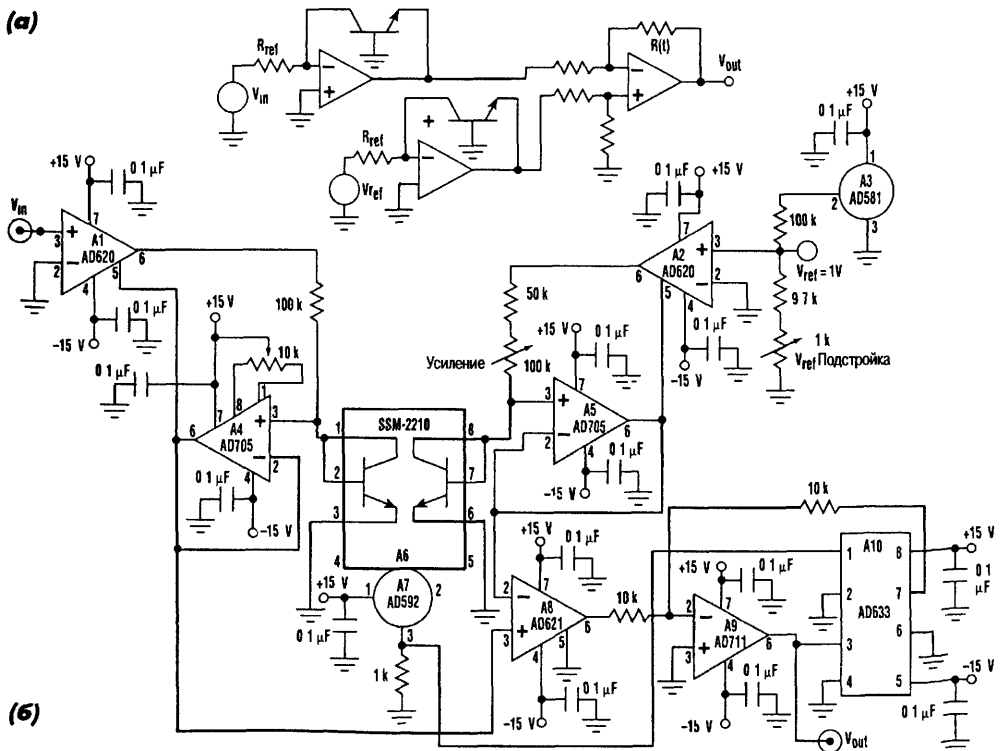
При использовании интегральных умножителей, таких как микросхемы LM1496 или MC1495, для получения максимальной ширины полосы рабочих частот необходимо выбирать выходные резисторы с небольшим сопротивлением. Но это приводит к уменьшению размаха выходного напряжения, поэтому требуется дополнительный широкополосный дифференциальный усилитель с большим коэффициентом передачи. Схема имеет дифференциальный коэффициент усиления (A_{vdiff}) около 50 и ширину полосы рабочих частот примерно 50 МГц, то есть произведение усиления на ширину полосы пропускания составляет 2,5 ГГц. Он также имеет размах выходного напряжения в 18 В двойной амплитуды при напряжении питания 12 В. Транзисторы Q1 и Q2 образуют дифференциальный каскад, нагрузкой которого являются транзисторы Q3 и Q4. На эмиттеры транзисторов Q1 и Q2 заведена

обратная связь через RC-цепи R6, C1 и R7, C2, которая увеличивает входной импеданс и определяет общий коэффициент усиления. Транзисторы Q5 и Q6 включены генераторами тока около 15 мА и обеспечивают каскаду большой выходной ток при положительных полуволнах напряжения на нагрузке. Приводятся основные уравнения, описывающие схему, чтобы можно было пересчитать номиналы элементов для соответствия схемы иным условиям.

Простое рассмотрение схемы показывает, что она является дифференциальным усилителем с обратной связью по току, у которого порт с малым входным сопротивлением соответствует эмиттерам транзисторов Q1 и Q2, а токовый выход – коллекторам транзисторов Q3 и Q4. Поскольку по выходу усилитель соответствует мостовой схеме, а максимальный положительный ток определяется резисторами R6, R7 и транзисторами Q5, Q6, то выход защищен от короткого замыкания в нагрузке между резисторами R8 и R9. Резистор R1 может быть заменен источником тока для повышения коэффициента ослабления синфазного сигнала. Главным критерием при выборе конкретного решения является баланс токов эмиттеров транзисторов Q1 и Q2 для получения синфазного выходного напряжения, равного $V_{cc} / 2$. Определенное внимание следует уделить работе с емкостной нагрузкой, поскольку в таких условиях схема может возбуждаться.

ТОЧНЫЙ ЛОГАРИФИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ

(a)



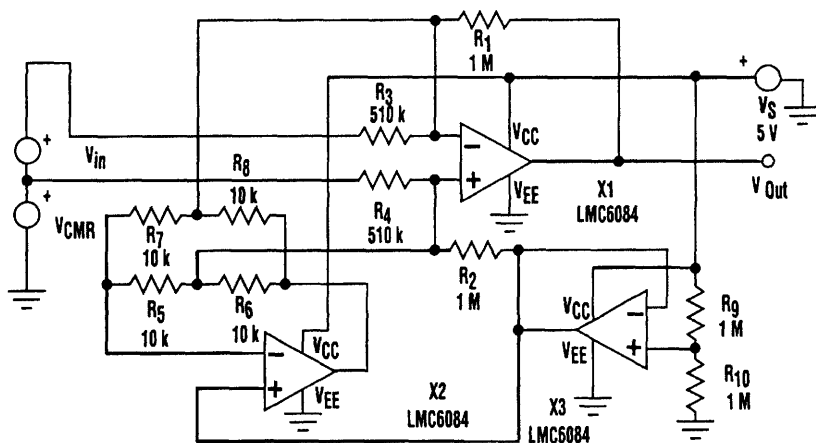
(б)

Схема логарифмического усилителя состоит из инструментального и операционного усилителей и транзистора в диодном включении, который формирует напряжение, пропорциональное логарифму тока. Схема, состоящая из источника опорного напряжения, инструментального и операционного усилителей и транзистора в диодном включении, работает как образцовый канал. Микросхема интегрального измерителя температуры, инструментальный усилитель с фиксированным усилением и схема деления обеспечивают необходимую степень температурной компенсации и приведение к шкале для передаточной функции:

$$V_{out} = 51,985 \log_{10} (V_{in} / 1 \text{ В})$$

Опорное напряжение V_{ref} должно быть выставлено на 1,000 В, и при условии $V_{in} = 5 V_{ref}$ усиление надо отрегулировать так, чтобы $V_0 = 5,0$ В. Калибровку при низком входном напряжении можно провести подстройкой напряжения смещения нуля операционного усилителя A4.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ



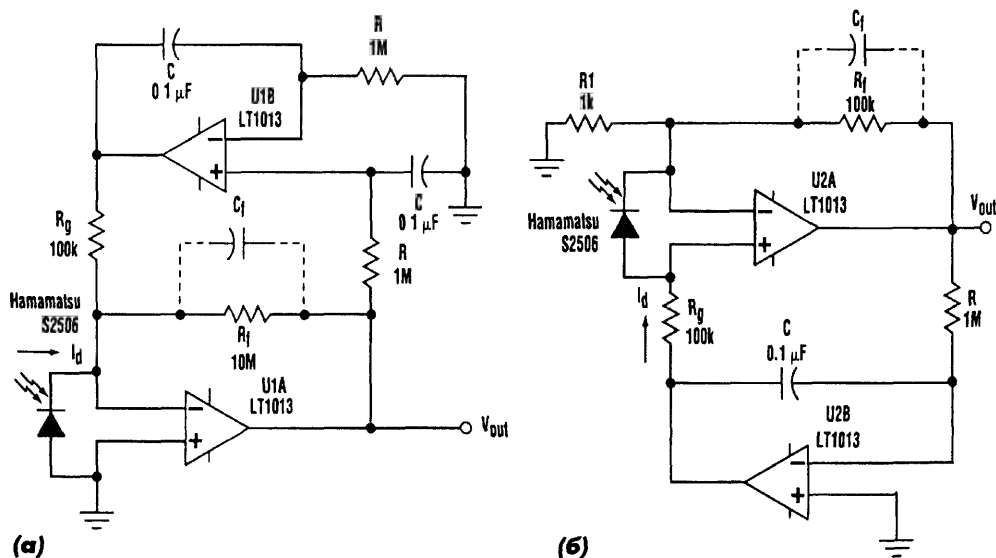
Electronic Design

Рис. 6.3

Показанный на схеме дифференциальный усилитель может работать с синфазным напряжением до ± 24 В при напряжении питания 3,3 В или до ± 40 В при напряжении питания 5 В. Он удобен для использования совместно с аналого-цифровыми преобразователями или системами сбора данных с однополярным питанием в 3,3 или 5 В в тех случаях, когда надо иметь вход с широким диапазоном синфазных напряжений. Дифференциальный усилитель X1 включен по схеме разностного усилителя, и резисторы R1, R2, R3 и R4 устанавливают его усиление. Каскад X2 устанавливает синфазное напряжение на входах X1 равным нулю относительно напряжения смещения, формируемого усилителем X3. Промышленность предлагает самые разнообразные двойные и счетверенные операционные усилители с низким напряжением питания, поэтому устройство можно собрать

всего на одной микросхеме. Напряжение смещения порядка половины питания или использование соответствующего опорного источника совершенно необходимы, поскольку в противном случае положительное синфазное напряжение на входе вызовет появление отрицательного напряжения на выходе усилителя X2. Сопротивления резисторов R5, R6, R7 и R8 должны быть, по крайней мере, на порядок меньше, чем сопротивления резисторов, задающих усиление X1. Соотношение сопротивлений резисторов R6 и R8 с определяющими усиление резисторами ограничивает использование данной схемы дифференциальными усилителями с высоким входным сопротивлением. Таким образом, она не совсем пригодна для широкополосных схем. Но большие сопротивления отлично подходят для операционных усилителей с полевыми транзисторами с рп-переходом или КМОП структурами на входе.

ФОТОДИОДНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ С РАСШИРЕННОЙ ПОЛОСОЙ ПРОПУСКАНИЯ



Electronic Design

Рис. 6.4

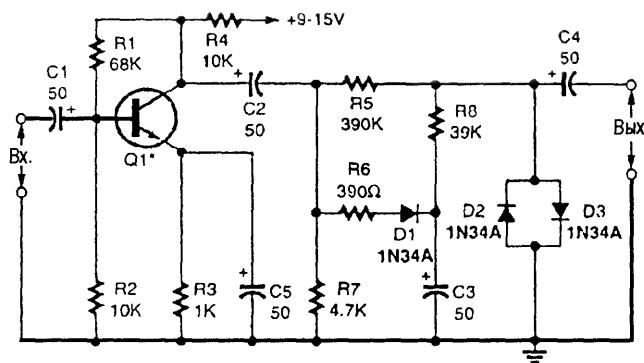
В большинстве случаев сигналы фотодиодов требуют большого усиления в широкой полосе частот. Фотодиодный усилитель с восстановлением постоянной составляющей (рис. 6.4а) применим в тех случаях, когда меняющийся во времени полезный световой сигнал принимается в условиях нежелательной паразитной засветки от окружающей среды. Для увеличения ширины полосы пропускания усилителя его схему можно модифицировать, обеспечив режим преобразования тока в напряжение с последующим усилением этого напряжения (рис. 6.4б). Ток

от фотодиода с малой собственной емкостью течет через резистор R_g и создает напряжение на неинвертирующем входе. Это напряжение затем усиливается, причем коэффициент усиления равен $1 + R_f / R_1$. При номиналах, приведенных на рис. 6.4б, эквивалентное проходное сопротивление (величина, обратная крутизне), определяемое выражением $R_g(1 + R_f / R_1)$, равно 10 МОм. В этой схеме для получения восстанавливающего тока через резистор R_g использован обычный инвертирующий интегратор. Этот ток, содержащий только низкочастотные составляющие, компенсирует ток фотодиода на частотах, меньших частоты среза, определяемой низкочастотным полюсом схемы. Положение низкочастотного полюса для схемы на рис. 6.4б определяется выражением:

$$F_{-3дБ} = \frac{1}{2\pi RC} (1 + R_f / R_1)$$

Для указанных на схеме номиналов это составит 159 Гц. Резистор R_g нормализует эквивалентное проходное сопротивление и замыкает цепь восстанавливающего тока. Измеренное значение верхней границы полосы рабочих частот для схемы на рис. 6.4а равно 4,9 кГц, при общей ЭДС шума в полосе около 370 мкВ_{эфф}. У схемы на рис. 6.4б верхняя граница полосы рабочих частот повышается до 11,7 кГц с общей ЭДС шума в полосе около 589 мкВ_{эфф}.

УСИЛИТЕЛЬ-КОМПРЕССОР

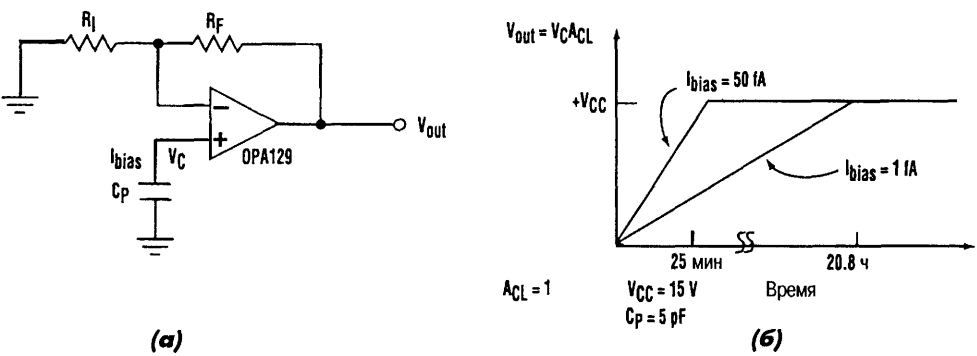


Popular Electronics

Рис. 6.5

На схеме представлен усилитель типа компрессора, который может быть использован для поддержания постоянного уровня громкости электрооргана. В отличие от компрессоров, применяемых в системах оповещения, студиях и радиовещании, органный выравниватель уровня эффективен в широкой полосе частот, генерируемых органом, и без искажения тембров. Он работает в широком диапазоне уровней входного сигнала, не входя в ограничение. Усилитель хорош и как микрофонный компрессор.

**СХЕМА, ПОЯСНЯЮЩАЯ ПРОБЛЕМУ
СМЕЩЕНИЯ НУЛЯ В ОУ**

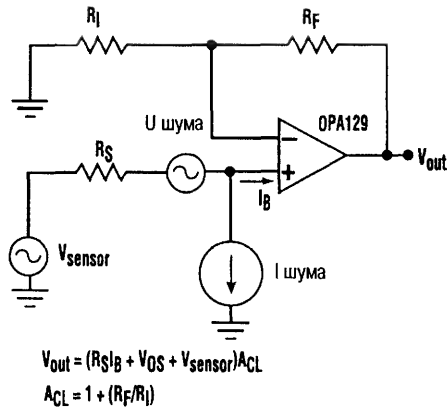


Electronic Design
Analog Applications

Рис. 6.6

Все усилители должны иметь цепь по постоянному току для входного тока смещения, замыкающуюся на «землю» (рис. 6.6а). Без этой цепи выходное напряжение усилителя наверняка будет иметь дрейф к потенциалу одной из шин питания (рис. 6.6б).

ИСТОЧНИКИ ОШИБОК В ОУ



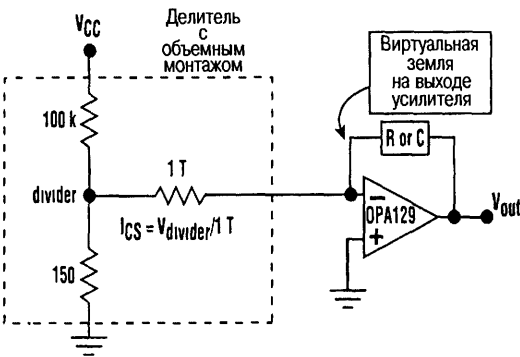
Electronic Design Analog Applications

Рис. 6.7

На рисунке показаны основные источники погрешностей операционного усилителя, приведенные к выходу. В схемах с высоким выходным сопротивлением источника сигнала входной ток смещения будет определяющим по величине.

ИМИТАЦИЯ ТОКА ОШИБКИ ОУ

Используя резистивные делители, собранные по технологии объемного монтажа, можно создать точный фемтоамперный источник, с помощью которого имитируется ток ошибки в усилителе и проверяется точность работы схемы.



Electronic Design Analog Applications

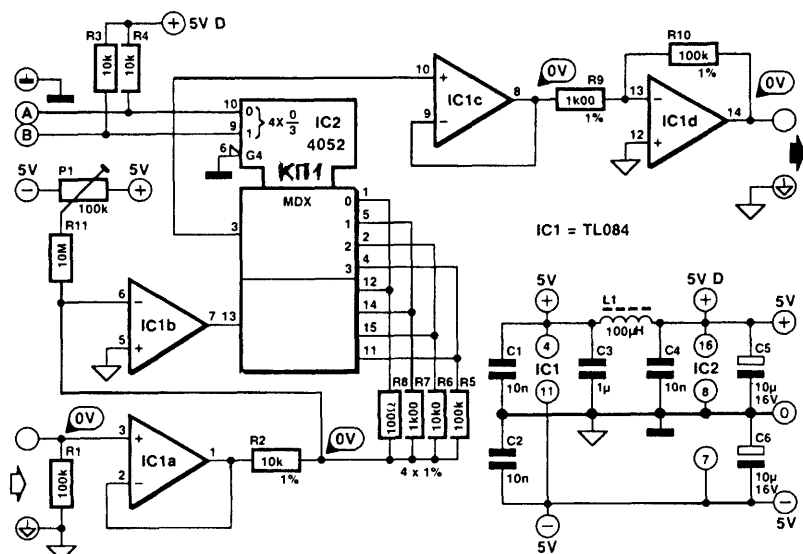
Рис. 6.8

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Усилитель с программируемым коэффициентом усиления идеален в таких системах, как регистраторы данных или автоматические измерительные приборы. Коэффициенту усиления может быть задано практически любое значение в диапазоне от 1 до 1000. Ширина полосы пропускания при любом коэффициенте усиления будет более 30 кГц. Ток потребления схемы не превышает 7 мА. Входной сигнал подается на буферный каскад, собранный на операционном усилителе IC1-а, с выхода которого сигнал поступает на усилитель IC1-в. Усиление этого каскада зависит от того, какой резистор обратной связи из группы R5 – R8 включен в схему при помощи микросхемы аналогового мультиплексора IC2. Тот или иной из этих резисторов к схеме подключается в зависимости от логических уровней на управляющих входах А и В микросхемы IC2. Взаимосвязь между резисторами, общим коэффициентом усиления схемы и логическими уровнями сигналов управления приведена в табл. 6.9. Сигнал с выхода IC1-б проходит через мультиплексор и через буферный каскад, собранный на операционном усилителе IC1-с, подается на усилитель с коэффициентом передачи 100, собранный на операционном усилителе IC1-д. Общее усиление определяется логическими уровнями на управляющих

Таблица 6.9

A	B	Усиление	Соотношение
0	0	1	R8/R2×R9/R10
0	1	10	R7/R2×R9/R11
1	0	100	R6/R2×R9/R12
1	1	1000	R5/R2×R9/R13



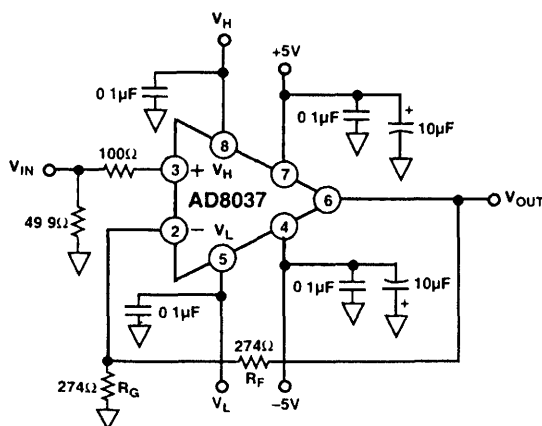
Elektronika

Рис. 6.9

входах А и В согласно приведенной таблице. Усиление первого каскада выбрано малым для того, чтобы сопротивления резисторов обратной связи не были слишком большими (в таком случае ток через ключи аналогового мультиплексора очень мал, и сопротивление этих ключей практически не влияет на параметры схемы).

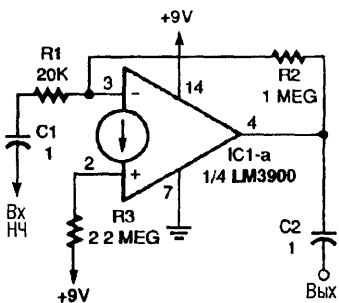
Прим. ред. При таком построении схемы АЧХ усилителя определяется каскадом с максимальным усилением.

УСИЛИТЕЛЬ С УПРАВЛЯЕМЫМ УРОВНЕМ ОГРАНИЧЕНИЯ



Усилитель с управляемым уровнем ограничения представляет собой ограничивающую или обрезающую сигнал схему. Для входных напряжений, находящихся в пределах двух уровней (V_h и V_l), выходной сигнал пропорционален входному. Для входных сигналов, больших V_h или меньших V_l , выходное напряжение будет определяться произведением соответствующего уровня на коэффициент усиления схемы (V_h или V_l , умноженные на усиление A_v) независимо от уровня входного сигнала. Пороговые напряжения V_h и V_l могут быть фиксированными или переменными. Если усилитель будет работать с положительными и отрицательными напряжениями и на входе, и на выходе, то пороги V_h и V_l могут иметь любое положительное или отрицательное значение в пределах, соответствующих техническим условиям, при этом должно выполняться соотношение $V_h > V_l$.

УСИЛИТЕЛЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА LM3900

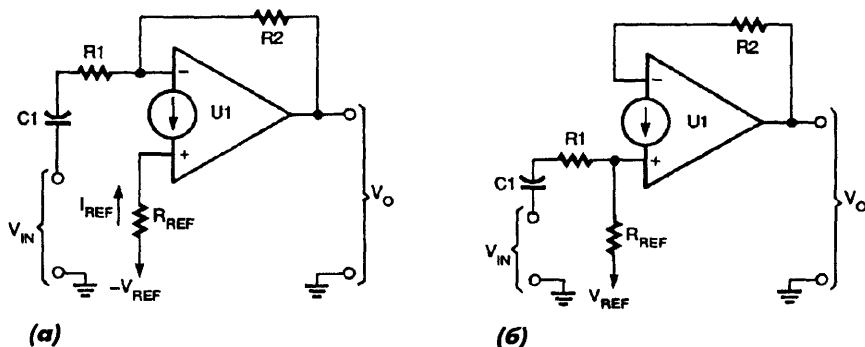


Микросхема токоразностного усилителя LM3900 (IC1), используемая в данном усилителе переменного тока, не является операционным усилителем в полном смысле этого понятия, однако она может выполнять некоторые из его функций. К тому же такой микросхеме необходим только один источник питания. Коэффициент усиления определяется отношением резисторов $R2/R1$, при этом для обеспечения нормального режима работы резистор $R3$ должен выбираться из соотношения $R3 = 2 \times R2$.

Populars
Electronic

Рис. 6.11

СХЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТОКОРАЗНОСТНОГО УСИЛИТЕЛЯ



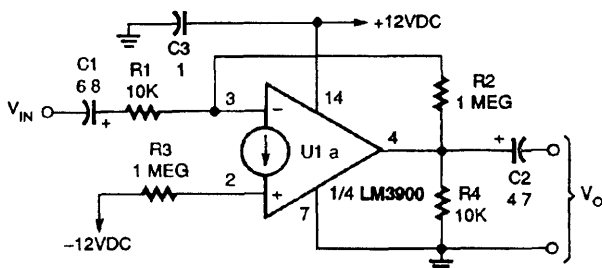
Popular Electronics

Рис. 6.12

На рис. 6.12а приведена схема, в которой токоразностный усилитель использован почти так же, как и обычный операционный усилитель в схеме инвертирующего

повторителя. На рис. 6,12б представлена схема неинвертирующего повторителя, собранного на базе токоразностного усилителя

ТОКОРАЗНОСТНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

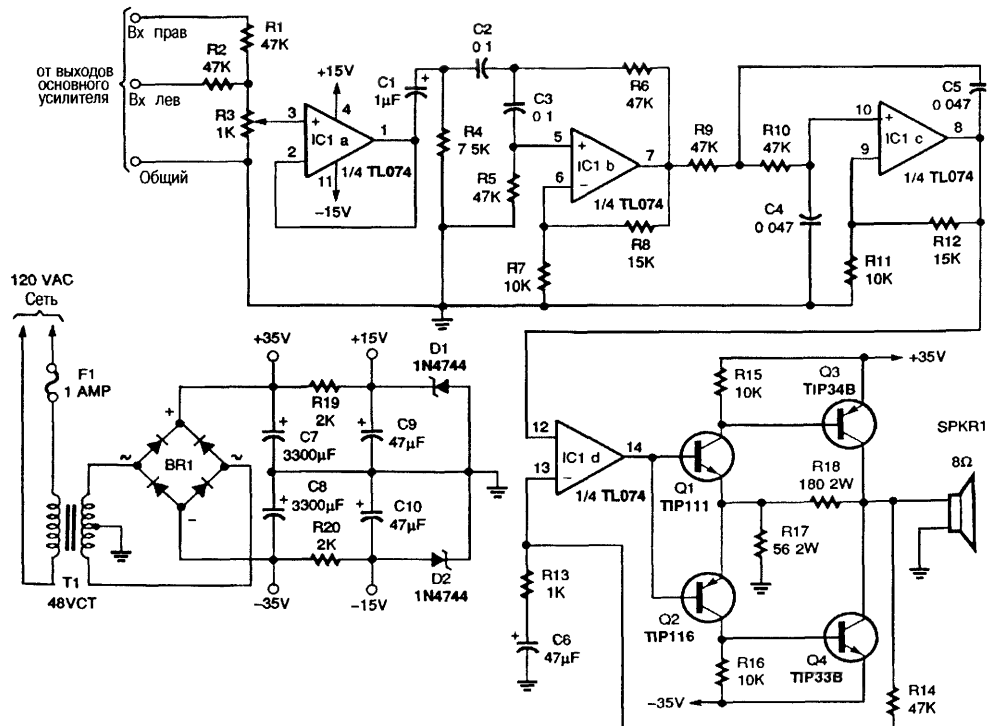


Popular Electronics

Рис. 6.13

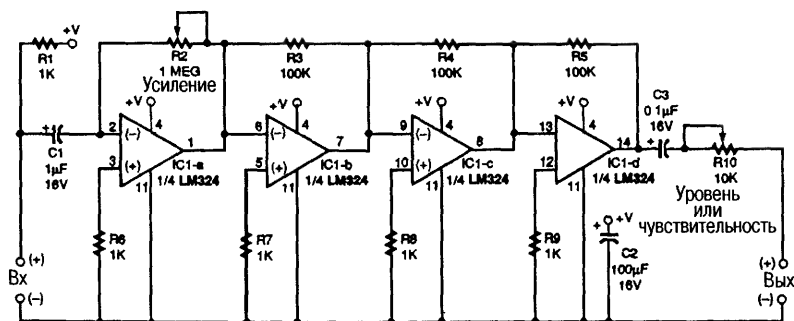
В этой схеме усилителя переменного тока с коэффициентом усиления 20 дБ используется токоразностный усилитель из состава микросхемы LM3900

САБВУФЕР С ПИТАНИЕМ ОТ СЕТИ



Источник питания состоит из трансформатора на 48 В со средней точкой, мостового выпрямителя и конденсаторов фильтров. Выпрямленное и отфильтрованное выходное напряжение составляет около ± 35 В. Напряжения питания для операционного усилителя IC1 стабилизируются на уровне ± 15 В стабилитронами D1, D2 и резисторами R19, R20. Входная цепь состоит из микшера и делителя напряжения, образуемых резисторами R1 и R2, потенциометром R3 и буферным повторителем на микросхеме IC1-а. Потенциометр R3 предназначен для установки выходного сигнала субнизкочастотного громкоговорителя на желаемый уровень. На операционном усилителе IC1-b, конденсаторах C2, C3 и резисторах R5, R6 собран фильтр высоких частот с крутизной 12 дБ на октаву. Частота среза этого фильтра составит $1/2\pi RC$ (около 34 Гц при указанных номиналах). Резисторы R8 и R7 определяют усиление и добротность фильтра. Конденсатор C1 и резистор R4 составляют дополнительный фильтр ВЧ с крутизной 6 дБ на октаву и частотой среза примерно 20 Гц. На операционном усилителе IC1-c, конденсаторах C4, C5 и резисторах R9, R10 собран фильтр низких частот с крутизной 12 дБ на октаву. Приведенные на рисунке номиналы определяют частоту среза 72 Гц. Усиление и добротность этого каскада определяются резисторами R11 и R12. Два вышеописанных фильтра, включенные последовательно, образуют полосовой фильтр. При работе от напряжения питания ± 15 В выходное напряжение операционного усилителя IC1-d может достигать 10 В для управления транзисторами Q1 и Q2. Резисторы R17 и R18 образуют цепь местной отрицательной обратной связи и определяют усиление выходного каскада, равное примерно 3. Таким образом, пики выходного напряжения могут достигать 30 В. Если используются супербета-транзисторы указанного типа, то пиковая выходная мощность на нагрузке 8 Ом составит $30 \times 30 / 8 = 112,5 \text{ Вт}_{\text{пик}}$. Общий коэффициент усиления определяется резистором R13 и резистором общей обратной связи R14.

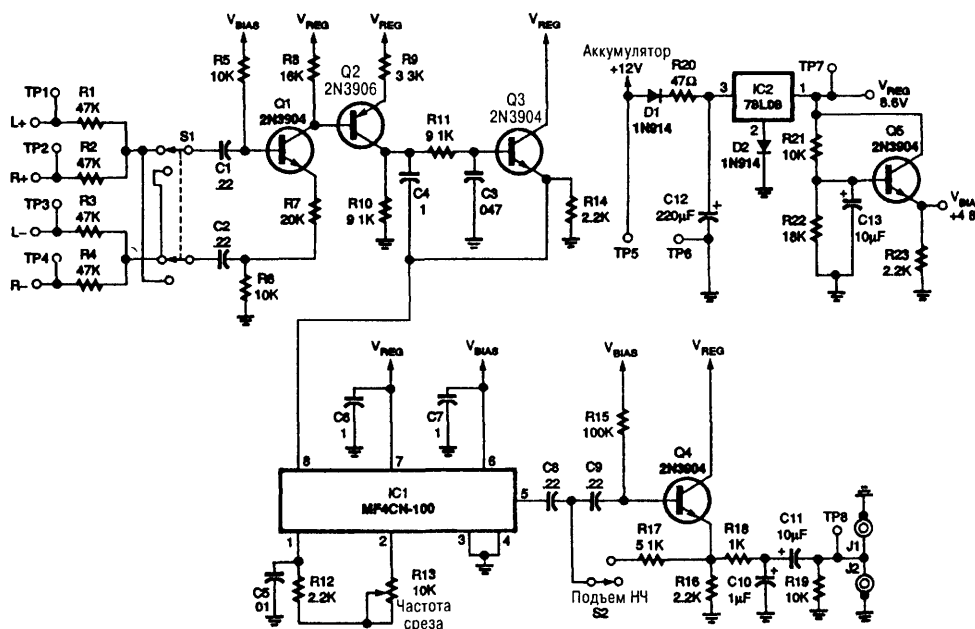
УСИЛИТЕЛЬ С ВЫСОКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ ДЛЯ ФОТОДЕТЕКТОРОВ



Этот четырехкаскадный усилитель предназначен для работы с фотодетекторами, экспериментов с лазерами или для решения других, более общих задач. В схеме применена одна микросхема LM324, содержащая четыре операционных усилителя,

которые могут работать с однополярным питанием. Для питания устройства рекомендуется использовать батарею 9 В

РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ФИЛЬТР-КРОССОВЕР ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОГО САБВУФЕРА



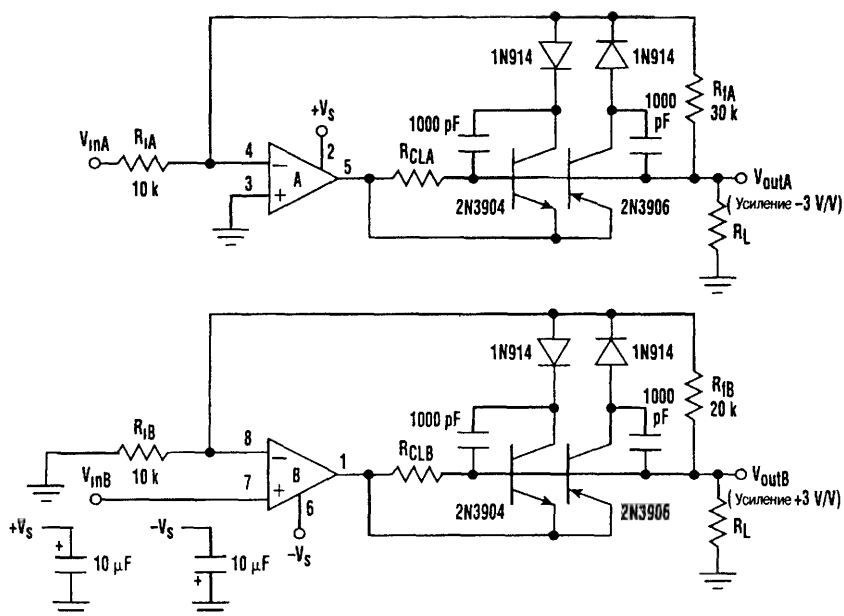
© Electronics Now

Рис. 6.16

На рисунке показана электрическая схема автомобильного кроссовера (разделительного фильтра) для сабвуфера. Входной каскад на транзисторе Q1 представляет собой дифференциальный суммирующий усилитель, а выключатель S1 служит для переключения полярности. Фильтр на переключаемых конденсаторах с крутизной спада 24 дБ на октаву (микросхема IC1) является основой фильтра с плавной перестройкой. Потенциометр R13 управляет частотой среза фильтра на микросхеме IC1, регулируя ее тактовую частоту. Из-за того что фильтры на переключаемых конденсаторах по определению работают с дискретными сигналами, на входе микросхемы IC1 должен быть ограничительный фильтр (antialiasing). Такой фильтр низких частот второго порядка собран на транзисторах Q2 и Q3 и соответствующих элементах. Выходной сигнал микросхемы IC1 через вывод 5 подан на инфразвуковой фильтр с возможностью подъема самых низких частот. Когда переключатель S2 замкнут, то на частотной характеристике появляется подъем. Дополнительная инфразвуковая фильтрация обеспечивается конденсаторами C1 и C2 непосредственно на входе схемы кроссовера. На резисторе R18 и конденсаторе C10 собран так называемый реконструирующий фильтр, устраняющий остатки шума квантования.

Схема источника питания, собранная на интегральном стабилизаторе 78L08 (микросхема IC2), обеспечивает и основное напряжение питания 8,6 В, и напряжение смещения 4,8 В. Диод D1 защищает схему от отрицательных выбросов напряжения и неверного подключения. Диод D2 смещает напряжение опорного вывода стабилизатора 78L08 на 0,6 В для получения выходного напряжения 8,6 В, а не 8 В.

ОГРАНИЧИТЕЛИ ТОКА



Electronic Design Analog Applications

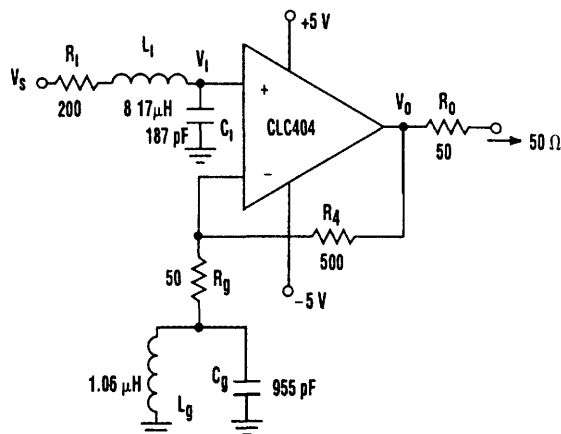
Рис. 6.17

В мощных операционных усилителях производителями не всегда предусматриваются встроенные ограничители выходного тока, которые регулируются пользователями. Тем не менее ограничитель тока может быть установлен снаружи, согласно показанной схеме, в которой датчиком выходного тока служит один резистор. Напряжение на этом резисторе открывает ключ на комплементарных транзисторах, который уменьшает усиление, ограничивая таким образом выходной ток. Работа схемы рассматривается с 8-выводными мощными операционными усилителями типа ОРА2541 или сдвоенным ОРА2544, в которых отсутствует встроенный ограничитель тока, регулируемый пользователем. Внешние элементы позволяют добавить к этим усилителям такой ограничитель. Положительный уровень ограничения тока определяет ррп-транзистор, а отрицательный – рnp-транзистор. Оба транзистора закрыты до тех пор, пока падение напряжения на резисторе R_{cl} не достигнет уровня, соответствующего началу ограничения тока. В этом случае ток коллектора транзистора будет суммироваться с выходным током (через R_L) в точке суммирования на инвертирующем входе операционного усилителя. Это приведет

к ограничению уровня выходного напряжения. Диоды, включенные последовательно с коллекторами обоих транзисторов, предотвращают прямое смещение переходов коллектор-база. Возбуждение на высокой частоте во время ограничения тока демпфируется конденсаторами емкостью 1000 пФ. На ширину полосы рабочих частот схемы с замкнутой петлей ООС эти конденсаторы влияют только номинально, поскольку диоды в нормальном режиме закрыты и изолируют их от остальных элементов схемы.

СХЕМА С НУЛЕМ ПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ОУ

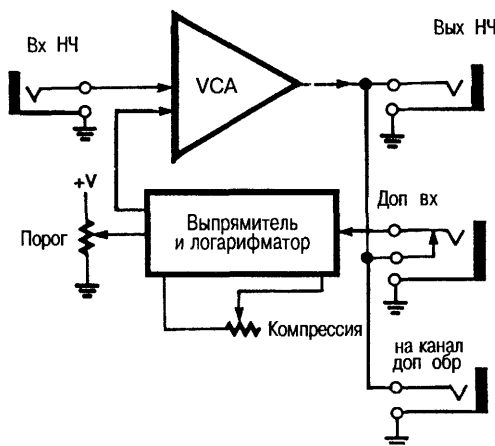
«Острый» нуль на комплексной АЧХ схемы на операционном усилителе с обратной связью по току может быть реализован путем подключения фильтра с большой крутизной скатов (с высокой добротностью или высоким коэффициентом прямоугольности). Вид АЧХ корректируется включением параллельного резонансного контура последовательно с резистором R_g , определяющим коэффициент усиления по постоянному току.



Electronic Design
Analog Applications

Рис. 6.18

СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ КОМПРЕССОР



получить звук нормального уровня, а не усиленный настолько, насколько увеличился входной сигнал. Коэффициент компрессии регулируется изменением величины обратной связи, которая вместе с регулятором THRESHOLD (ПОРОГ) определяет рабочие характеристики компрессора. Дополнительные разъемы для внешних устройств позволяют проводить внешнюю обработку сигнала или использовать совершенно иной звуковой сигнал в качестве управляющего. Эти дополнительные элементы дают пользователю возможность экспериментировать и получать полезные и интересные звуковые эффекты.

Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
1N4744	KC215Ж	KC508Б, KC509А, KC511А, KC515, KC528Г, KC535Б	
2N5771	KT363АМ		Подойдет любой высокочастотный ($f_{h21e} > 300 \text{ МГц}$) ррр транзистор с максимальным током коллектора большим 100 мА
BC548	KT3102		
BC557	KT3107		
LMC6084		KP1446УД1–5	Указанная замена очень приближительна. Но в этой схеме можно использовать любые операционные усилители, подобрав соответствующие напряжения питания
MC1496		140МА1	
MF4CN 100			Микросхема фильтра на переключаемых конденсаторах. Она может быть заменена аналогичными устройствами других производителей
ОРА2541	—	KP1040УД2	Операционные усилители большой мощности. Российские варианты уже имеют цепи ограничения тока. Предлагаемую схему можно использовать в различных устройствах, например в инструментальных усилителях мощности или в источниках питания
Т1Р111	KT716		Любая комплементарная пара на ток 3 А
Т1Р116	KT852		
Т1Р33В	KT865		Любая комплементарная пара на ток 5–15 А
Т1Р34В	KT864		
ТL074		1401УД4	
ТL084		1401УД4	
SSM2210		159НТ1, 198НТ1–5	Пара очень точно согласованных малощумящих транзисторов. При повторении может понадобиться подбор
LT1013			Аналогов не имеет, но в описанной схеме можно с успехом использовать любые высокоскоростные операционные усилители с очень малыми входными токами, например 544УД2, 574УД1 и т.п.

ГЛАВА 7

СХЕМЫ УСИЛИТЕЛЕЙ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ НА ЧАСТОТЫ 1,8–7,2 МГц

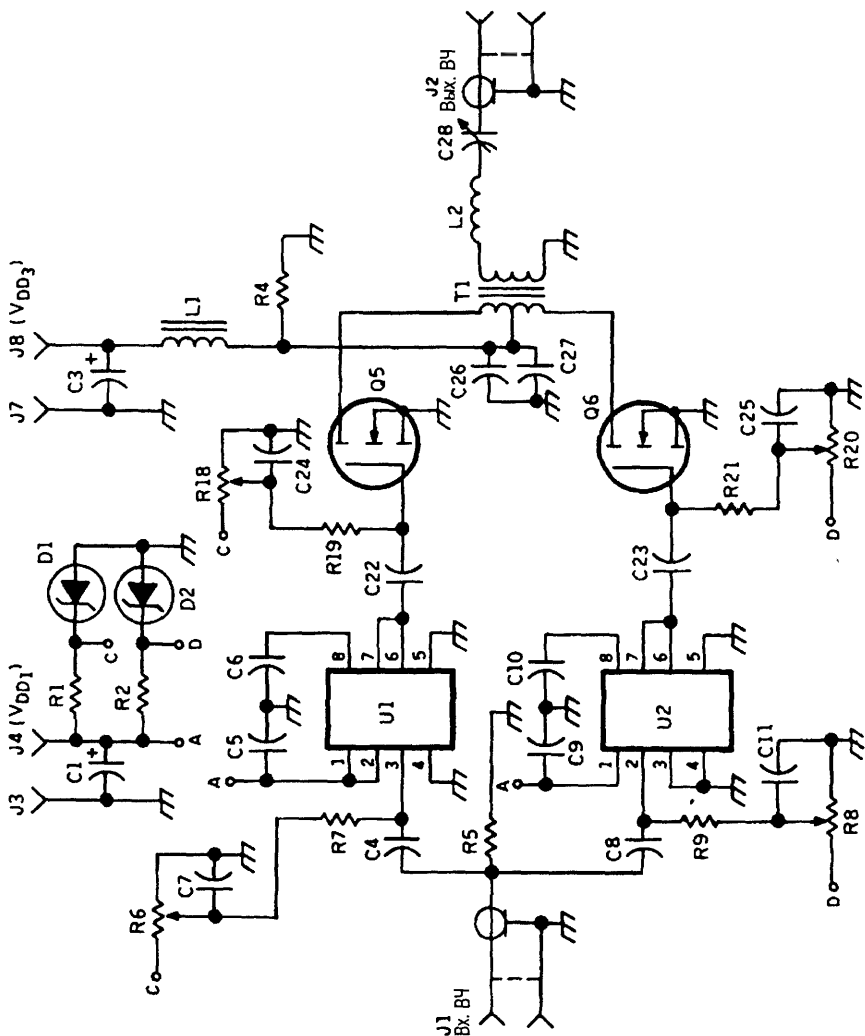


Таблица 7.1

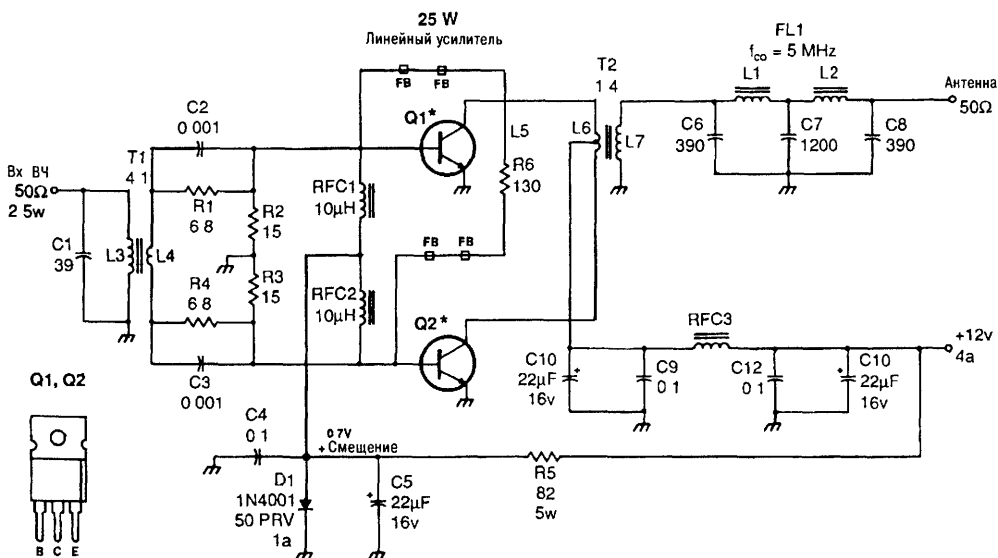
Позиционное обозначение	Типономинал
C1	33 мкФ, 50 В, электролит, Mallory SKR33OM1HE11V
C3	20 мкФ, 250 В, электролит, Mallory TT25OM20A
C4 – C27 C28	0,1 мкФ, 50 В, для поверхностного монтажа ATC 200B 104NP50X
D1, D2	5,1 В, 0,25 Вт, стабилитрон 1N751A
J1, J2	BNC, розетка приборная рекомендовано: Amphenol 31-5538 использовано: RF Industries RFB-1116S/U
J3, J4, J7, J8	Клеммы европейского типа, Johnson 111-0104
L1, L2	3,5 мкГн, 7 витков эмалированного провода AWG #24 на тороидальном сердечнике Ferroxcube 768XT188 4C4
Q5	n-канальный МОП транзистор APT ARF 440
Q6	n-канальный МОП транзистор APT ARF441, цоколевка зеркально по отношению к ARF440
R1, R2	330 Ом, 0,25 Вт
R4	10 кОм, 0,25 Вт
R5	51 кОм, 0,25 Вт
R6, R8, R18, R20	1 кОм, подстроечные резисторы компании Bournes 3299X-1-102
R7, R9, R19, R21	4,7 кОм, 0,25 Вт
T1	Сердечник 3000-4-CMD5005 Производство компании One Ceramic Magnetics
U1, U2	Триггер Шмидта – ограничитель EL7144C
Радиатор для корпуса DIP	5802, с защелкой. Производство компании Aavid
Радиатор для Q5 и Q6	61475, ширина 165,1 мм, длина 101,6 мм. Производство компании Aavid
Панелька DIP, 8 выводов (4)	208-AG 190C. Производство компании Augat
Печатная плата	Ширина примерно 165,1 мм, длина 203,2 мм
Крепление для L2	Вырезано из пластика L
Крепление для C28	Вырезано из пластика L
Ножки (6)	Алюминиевые стойки с резьбой, 4–40x2 (Keystone 2205)

На рисунке показан результат нового подхода к схеме 250-ваттного усилителя мощности. В качестве возбудителя использована пара недорогих микросхем вместо обычных высокочастотных трансформаторов, формирующих противофазные сигналы для управления двумя оконечными МОП транзисторами. Эти микросхемы обеспечивают также и жесткое ограничение входного сигнала (преобразование синусоидального сигнала в меандр). Микросхема EL7144C компании Elantec предназначена для управления затворами мощных МОП транзисторов. Встроенный триггер Шмидта выполняет жесткое ограничение, а наличие инвертирующих и неинвертирующих входов позволяет включить пару этих микросхем как фазорасщепитель. Высокочастотный вход соединен по переменному току с неинвертирующим входом U1 и инвертирующим входом U2. Регулировка смещения с помощью резисторов R6 и R8 позволяет так выбрать точки переключения, чтобы

получить желаемую скважность (50:50). Фазовая ошибка у двух EL7144C составляет около 0,5 нс. (Если нет осциллографа, можно использовать вольтметр с последовательно включенным резистором на 1 кОм и выставить среднее выходное напряжение порядка 6 В.) Микросхема EL7144C имеет большое входное сопротивление, поэтому R5 обеспечивает для источника сигналов входной импеданс усилителя равный 50 Ом. Входные сигналы мощностью от 10 до 100 мВт вполне достаточны, так что с этим усилителем мощности в качестве возбудителя можно использовать лабораторный сигнал-генератор или обычный генератор с буферным каскадом. Наивысшая скорость переключения получена при напряжении питания $V_{dd} = 12$ В. Выходные транзисторы – типов ARF440 и ARF441 (см. перечень элементов).

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТЬЮ 25 Вт

Показана принципиальная электрическая схема 25-ваттного линейного усилителя. Номиналы конденсаторов, указанные с десятичной точкой, соответствуют микрофарадам, остальные – пикофарадам. Полярные конденсаторы – электролитические или танталовые, на напряжение 16 В или больше. Все резисторы, кроме R5, – пленочные, композиционные или угольные и имеют мощность 0,25 Вт.



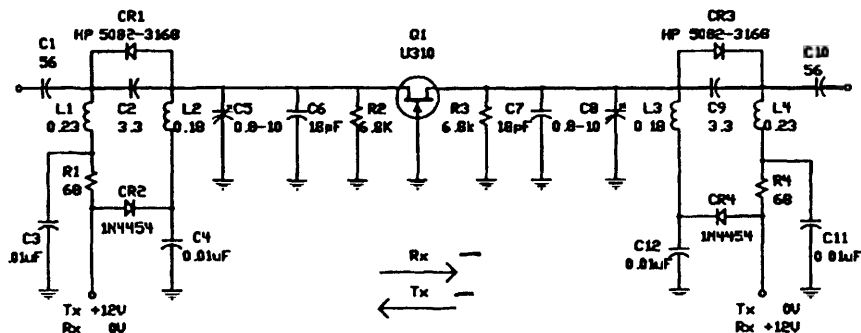
Примечание.

Q1, Q2 – MRF475, 2SC2092.

* – на радиаторе3.

ДВУНАПРАВЛЕННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ВЧ

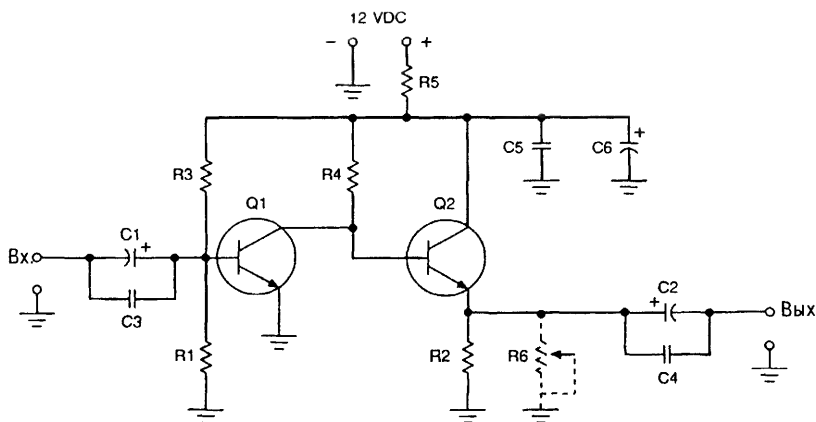
Полевые транзисторы с управляющим рп-переходом можно использовать так, что исток и сток меняются местами. В представленной схеме эта особенность применяется в двунаправленном высокочастотном усилителе на частоту 70,0455 МГц. Данную схему также можно использовать, например, в передатчиках.



RF Design

Рис. 7.3

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ



73 Amateur Radio Today

Рис. 7.4

Примечание. Порядок размещения деталей не особенно важен. Требуется просто расположить вход и выход как можно дальше друг от друга – например, детали можно разместить так, как они изображены на принципиальной схеме, предусмотрев разводку земляной шины по всему периметру платы. Подстроечный резистор R6 сопротивлением 1 кОм монтировать необязательно, но он дает возможность регулировать усиление и может быть установлен либо параллельно, либо вместо фиксированного

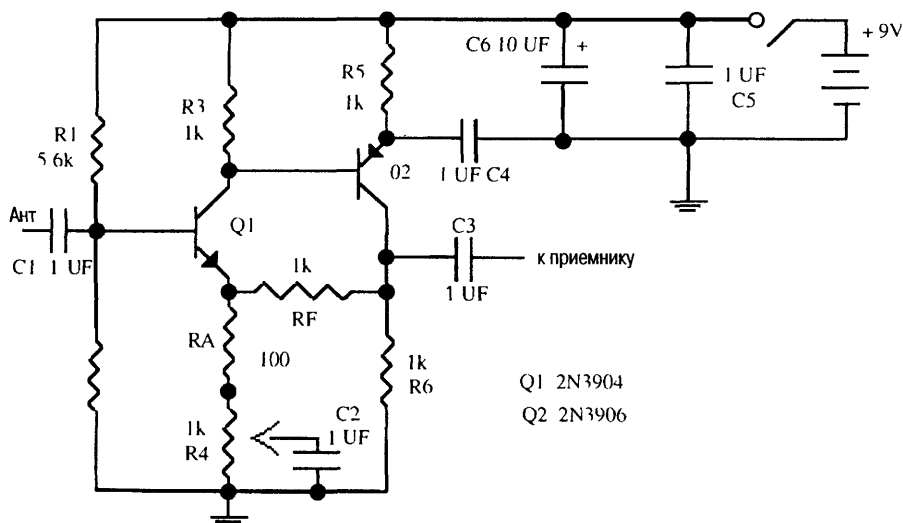
индуктивности $L1, L2$ и $L3$ имеют по 7 витков эмалированного провода диаметром 0,314 мм на тороидальном сердечнике 28-43002402 (Circuit)

Таблица 7.5

	Усиление 16 дБ	Усиление 13 дБ
Уровень шума	0,6 дБ	0,6 дБ
Входной импеданс	50 Ом	50 Ом
Выходной импеданс	50 Ом	50 Ом
Интерференционные искажения третьего порядка		
$V_s = +12$ В (макс усил)	23 дБм	26 дБм
$V_s = +20$ В (макс АРУ)	28 дБм	30 дБм
Уровень компрессии 1 дБ		
$V_s = +12$ В (макс усил)	0 дБм	+3 дБм
(макс АРУ)	7 дБм	+11 дБм
$V_s = +20$ В (макс усил)	+5 дБм	+8 дБм
(макс АРУ)	+11 дБм	+14 дБм

Входное и выходное сопротивления усилителя составляют 50 Ом и не зависят от усиления, устанавливаемого системой АРУ. Диапазон работы АРУ – 45 дБ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ПРИЕМНИКА



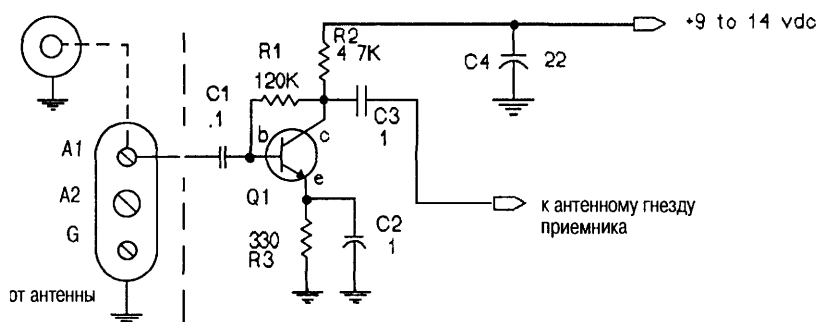
73 Amateur Radio Today

Рис. 7.6

Этот предусилитель позволяет использовать короткую стержневую антенну в диапазоне частот от 100 кГц с верхней границей, расположенной значительно выше 55 МГц, с высокой чувствительностью, используя в качестве антенны вертикальный отрезок провода AWG#12 (2,053 мм) длиной 762 мм или около полуметра

провода, просто лежащего на полу. Транзистор Q1 (npn-типа) соединен непосредственно с рnp-транзистором Q2. Обратная связь с коллектора транзистора Q2 на эмиттер транзистора Q1 подана через резисторы RF и RA. Так как усилитель имеет высокий коэффициент усиления при разомкнутой петле обратной связи, его усиление будет с большой точностью определяться отношением сопротивлений резисторов RF/RA, то есть максимум 20 дБ. Потенциометр сопротивлением 1 кОм меняет действительное значение RA и позволяет получить минимальный коэффициент усиления, близкий к единице.

ВЧ ПРЕДУСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ПРИЕМНИКА



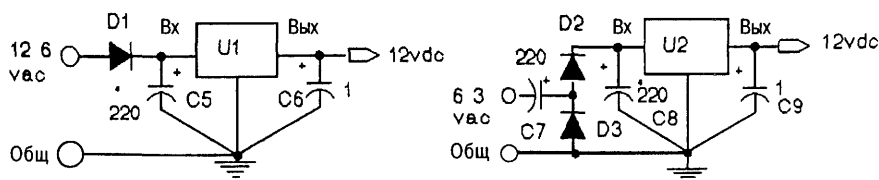
73 Amateur Radio Today

Рис. 7.7

Примечание. Q1=NTE123; емкости в мкФ.

Широкополосный предварительный усилитель ВЧ собран на высокочастотном рnp-транзисторе по схеме апериодического широкополосного (0,5–30 МГц) усилителя. Входной импеданс составляет 50 Ом, что позволяет использовать его с любыми входами приемника. Выходное сопротивление устройства – 600 Ом, что позволяет согласовать его практически с любым высокочастотным прибором. Предусилитель имеет усиление 30 дБ на частоте 10 МГц при коэффициенте шума менее 1 дБ. Источник питания предусилителя может быть любым; необходимо напряжение питания 9–14 В при токе потребления 8 мА. Поэтому он подходит даже для портативного оборудования с батарейным питанием.

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ПРЕДУСИЛИТЕЛЯ ВЧ



73 Amateur Radio Today

Рис. 7.8

Примечание. Все диоды 1N4001; U1, U2 = 7812.

Раньше ламповые приемники использовали напряжение накала 6,3 и 12,6 В переменного тока, но не имели низковольтных источников питания с постоянным напряжением на выходе. На приведенных рисунках показано, как можно «позаимствовать» немного напряжения накала, которое выпрямляется и стабилизируется, и как полученное напряжение 12 В используется для питания предусилителя. В версии с напряжением накала 6,3 В диоды D2 и D3 работают в простом однополупериодном удвоителе напряжения, и выходное постоянное напряжение достигает 15 В. Хотя конденсаторов емкостью 220 мкФ, использованных в однополупериодном удвоителе напряжения, вполне достаточно для работы с предусилителем, они не смогут выдать постоянное напряжение 15 В, необходимое для нормальной работы стабилизатора, при токе нагрузки большем 25 мА. Если с данными источниками питания используются другие устройства, то емкости этих двух конденсаторов могут быть увеличены (например, конденсаторы по 2200 мкФ будут обеспечивать выходной ток до 65 мА)

УСИЛИТЕЛЬ НА МИКРОСХЕМАХ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН

Последовательно включенный балластный резистор обеспечивает работу микросхем при более высоких напряжениях питания.

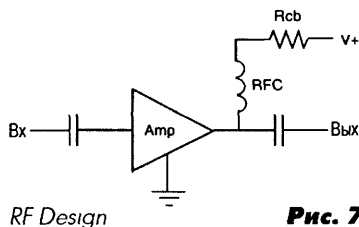


Рис. 7.9

ПРОСТОЙ УСИЛИТЕЛЬ НА МИКРОСХЕМАХ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН

Это простейшая реализация усилителя на интегральной микросхеме миллиметровых волн.

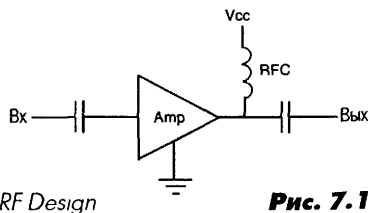


Рис. 7.10

МНОГОКАСКАДНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ НА МИКРОСХЕМАХ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН

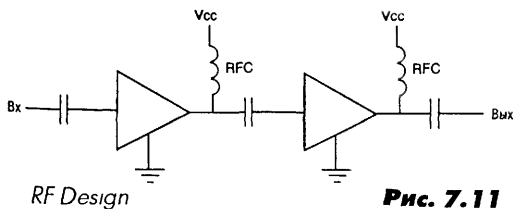
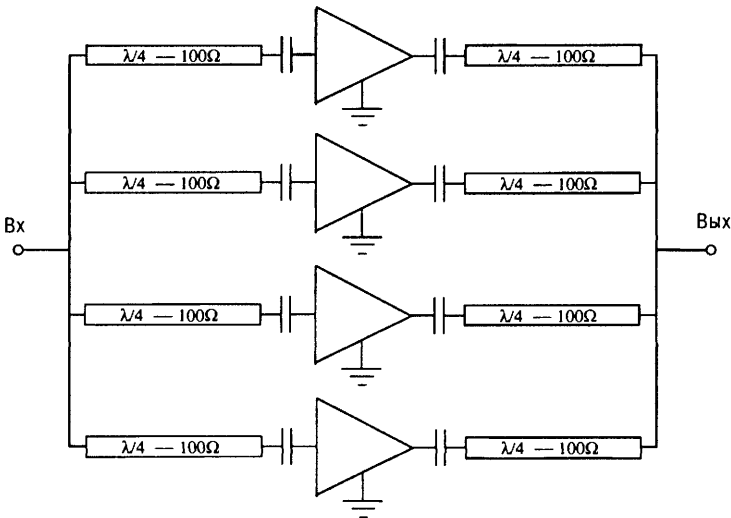


Рис. 7.11

Большинство усилителей на интегральных микросхемах миллиметровых волн можно использовать в многокаскадных схемах, причем для обеспечения связи между каскадами требуются только элементы развязки по постоянному току.

**СОПРЯЖЕННЫЕ УСИЛИТЕЛИ
НА МИКРОСХЕМАХ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН**



RF Design

Рис. 7.12

Для получения средних уровней мощности использовано широко известное в микрополосковой технике квадратурное сложение мощностей нескольких усилителей на интегральных микросхемах миллиметровых волн.

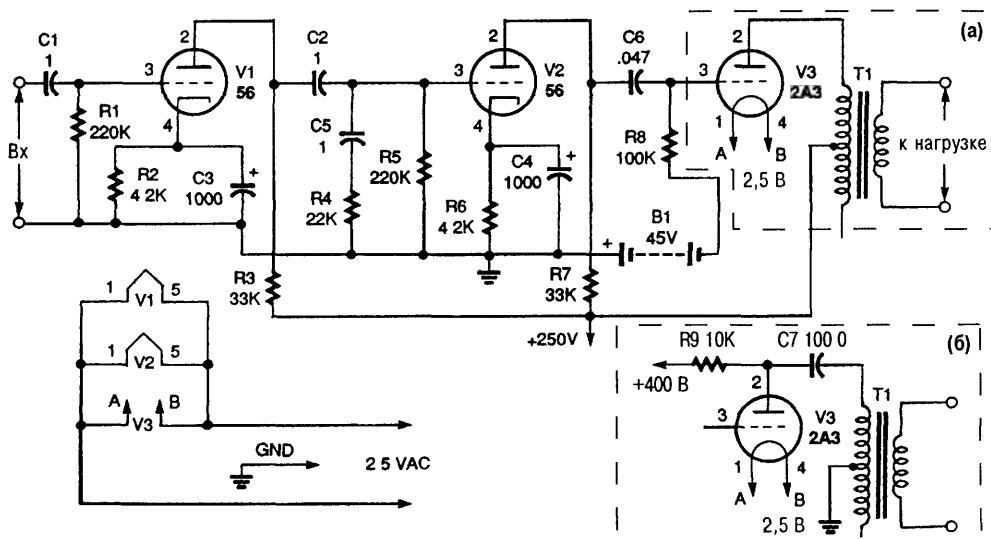
Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
1N4454	КД521А		
2SC2092		КТ981, КТ955А, КТ9166А, КТ9120	
ARF440			n-МОП ВЧ транзисторы с комплементарной цоколевкой, позволяющей сделать полностью симметричную топологию платы усилителя мощности
ARF441			
EL7144C			Высокоскоростной формирователь-триггер Шмидта
HP 5082-3168		КД409	
HP3081		КД409	
MRF475		КТ981, КТ955А, КТ9166А, КТ9120	
1N751А		КС126Д1, КС147Г, КС407Г, КС451А	

ГЛАВА 8

СХЕМЫ ЛАМПОВЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

УСИЛИТЕЛЬ HI-FI КЛАССА А



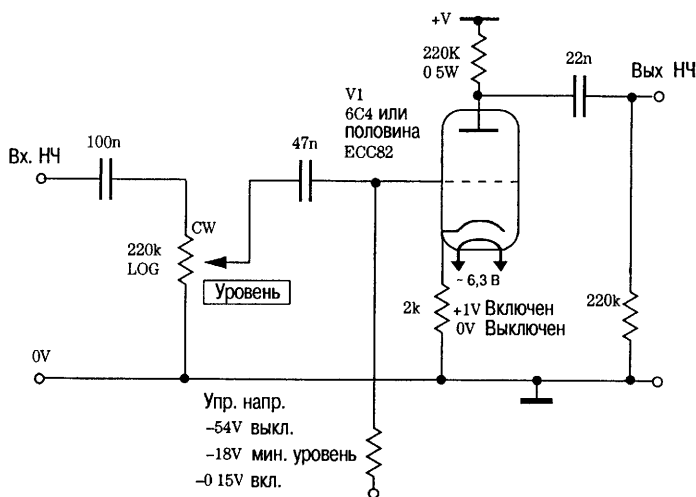
Popular Electronics

Рис. 8.1

Приведенная схема работает при входных сигналах с уровнем меньше 0,5 В; если уровень сигнала выше, появляются искажения. Во входном каскаде напряжение сигнала усиливается примерно в 7 раз, а во втором каскаде усиления напряжение возрастает еще в 10 раз. В обоих каскадах используются триоды типа 56 (V1 и V2). В выходном каскаде применяется радиолампа V3 типа 2A3. Для подачи напряжения смещения 45 В на сетку лампы V3 используются две батареи по 22,5 В, соединенные последовательно (B1). В данной схеме (как и в других усилителях класса А) через первичную обмотку выходного трансформатора T1 течет постоянный ток. Для устранения этого была проведена модификация схемы, показанная на рис. 8.16. Данное изменение позволяет убрать постоянную составляющую в токе первичной обмотки, правда, ценой некоторой потери мощности. Собранный по модифицированной схеме

усилитель имеет плоскую амплитудно-частотную характеристику (неравномерность не более 1 дБ) в полосе от 20 Гц до 20000 Гц. (Модифицированная схема требует, чтобы в цепи питания был использован высоковольтный трансформатор.) Следует обратить внимание на то, что у трансформатора Т1 подключена только половина первичной обмотки, для чего использован средний вывод. Это сделано потому, что примененный трансформатор должен иметь импеданс первичной обмотки примерно в 8000 Ом. Рекомендованное для получения максимальной выходной мощности сопротивление нагрузки лампы 2А3 (V3) составляет 2500 Ом, однако увеличение сопротивления нагрузки снижает искажения ценой лишь небольшого уменьшения выходной мощности.

КАСКАД УСИЛЕНИЯ, УПРАВЛЯЕМЫЙ НАПРЯЖЕНИЕМ



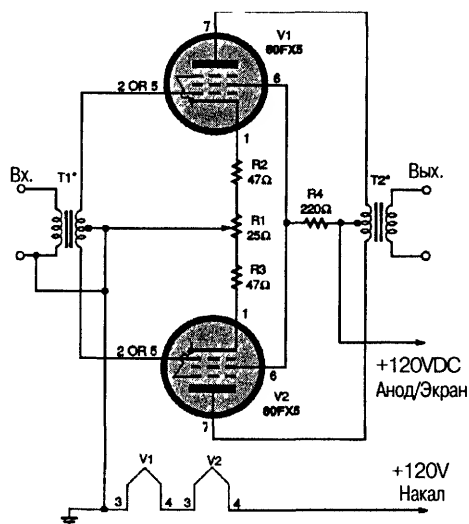
Everyday Practical Electronics

Рис. 8.2

В этом каскаде усиление регулируется изменением отрицательного напряжения смещения на сетке.

УСИЛИТЕЛЬ НЧ

Некоторые любители до сих пор предпочитают использовать старинные электровакуумные приборы и технологии. На схеме показан двухтактный усилитель низкой частоты, использующий пару ламп 60FX5. Трансформатор Т1 – низкочастотный согласующий, с коэффициентом трансформации 1:3, а Т2 – универсальный выходной НЧ трансформатор, рассчитанный на согласование сопротивления стандартной звуковой катушки (4 или 8 Ом) с сопротивлением нагрузки для обеих ламп, равным примерно 5000 Ом.



Electronic Hobbyists Handbook

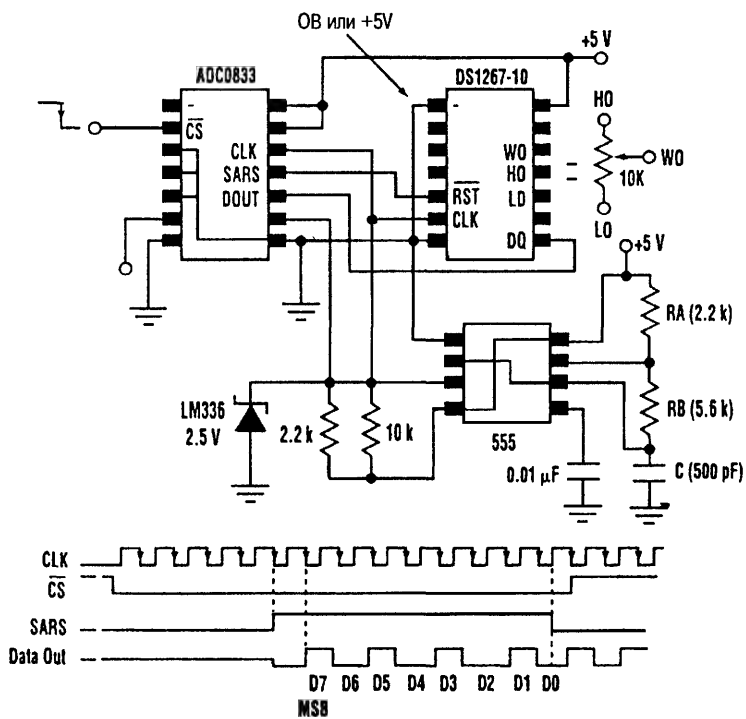
Рис. 8.3

Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
56		6C5C	Любой маломощный триод прямого накала
2A3	2C3	6C4C, 6C6	Любой мощный триод прямого накала или лучевой тетрод (пентод) в триодном включении
60FX5			Выходные пентоды с напряжением накала 60 В. При обычном напряжении накала можно применить лампы 6ПЗС, 6П6С, 6П14П, 6ПЗ3П и т.п.
6C4		6H2П	Любой маломощный триод
ECC82		6H2П	Любой маломощный триод

СХЕМЫ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

ЦИФРОВОЙ ПОТЕНЦИОМЕТР, УПРАВЛЯЕМЫЙ АЦП

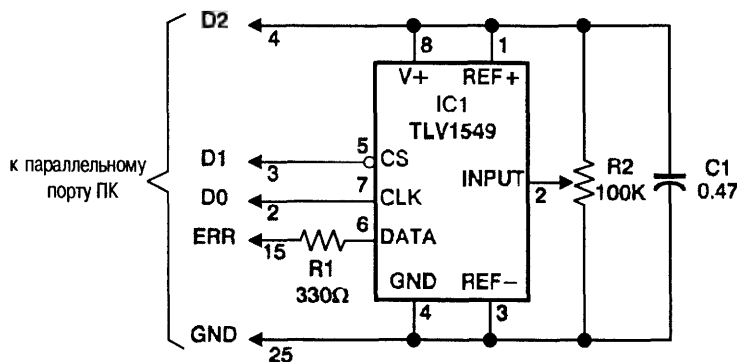


Примечание. Стартовый импульс подается на вывод $\overline{CS}$ (низкий уровень должен сохраняться до тех пор, пока не пройдут 14 тактовых импульсов или пока на выводе SARS не появится высокий уровень).

Данная схема была разработана для управления цифровым потенциометром DS1267 при помощи аналогового сигнала. Микросхема DS1267 содержит два потенциометра с цифровым управлением, но с помощью данной схемы можно

управлять только одним. В устройстве применяется интегральный 8-разрядный аналого-цифровой преобразователь ADC0833 с управлением по последовательному каналу и с 4-канальным мультиплексором на входе. Используется аналоговый вход канала 3 АЦП. Временная диаграмма иллюстрирует работу схемы. Отрицательный импульс на входе выбора кристалла ($\overline{CS}$) запускает рабочий цикл преобразования (импульс должен иметь низкий уровень в течение по меньшей мере 14 синхроимпульсов или до тех пор, пока вывод SAR АЦП не перейдет в высокий логический уровень). Первые пять синхроимпульсов производят различные подготовительные операции в АЦП. Вывод Data Out (передача данных) выходит из третьего состояния по отрицательному фронту пятого импульса, а на выводе АЦП SAR Status появляется высокий логический уровень, сигнализирующий о начале преобразования. Первый бит на выводе Data Out будет стартовым нулем в течение первого синхроимпульса. Данные передаются в DS1267 по положительному фронту синхроимпульса. Формат ввода данных DS1267 требует, чтобы первый бит определял номер стека (применяется в DS1267 при использовании обоих потенциометров), а следующие 8 бит являются собственно данными. После приема этих 9 бит вывод SAR Status переходит в высокий логический уровень, прекращая дальнейший ввод данных в DS1267 (согласно формату вывода ADC0833 продолжает передачу еще 8 бит результата преобразования в обратном порядке, но DS1267 это игнорирует). Диапазон входных напряжений АЦП – 0–5 В. Согласно рисунку, вывод 1 микросхемы DS1267 подключен к общему проводу (для заземленных потенциометров; однако на этот вывод можно подавать напряжение до –5 В, и в таком случае диапазон рабочих напряжений потенциометра составит ± 5 В).

АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ



Показанная на рисунке простейшая, но вполне работоспособная схема использует параллельный порт ПК для приема данных от 9-разрядного АЦП (микросхема TLV1549 компании Texas Instruments). Четвертый провод, по которому можно производить сброс, должен питаться от сигнала логического уровня. Кроме того,

если в порте принтера есть напряжение 5 В (не во всех компьютерах), то проще применить более распространенную модель TLC1549. Резистор R1 снижает вероятность ошибки при передаче данных, так как развязывает выход АЦП от паразитной емкости кабеля; если кабель короткий, его можно не использовать.

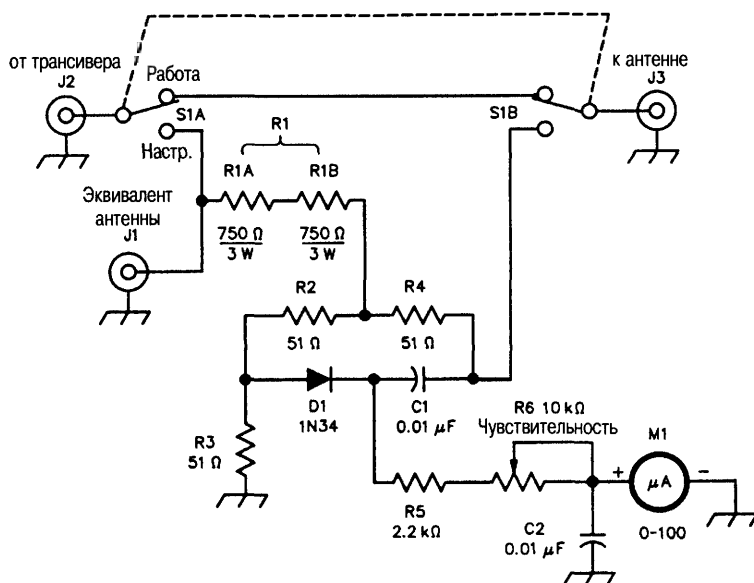
Аналоги и возможные замены

<i>Тип</i>	<i>Аналог</i>	<i>Возможная замена</i>	<i>Примечания</i>
<i>ADC0833</i>			<i>АЦП с управлением по последовательному каналу</i>
<i>DS1267-10</i>			<i>ЦАП, включенный как потенциометр</i>
<i>LM336</i>			<i>ИОН на 2,5 В</i>
<i>TLV1549</i>			<i>АЦП с управлением по последовательному каналу со сверхмалым потреблением</i>

ГЛАВА 10

АНТЕННЫЕ СХЕМЫ

ИНДИКАТОР НАСТРОЙКИ АНТЕННЫ



QST Magazine

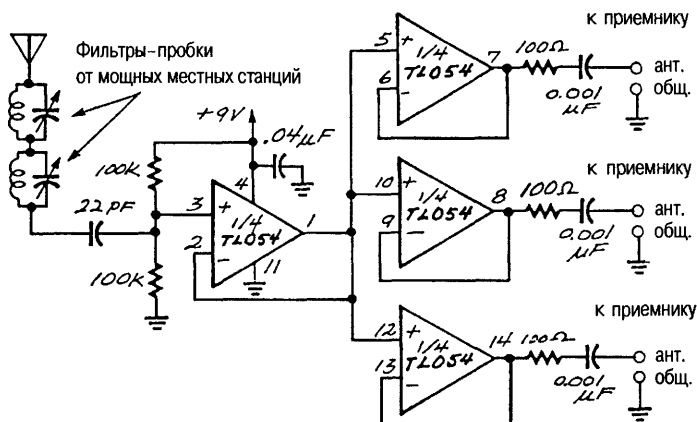
Рис. 10.1

Таблица 10.1

C1, C2	Керамические конденсаторы общего применения, емкостью 0,01 мкФ
D1	Германиевый диод (1N34, 1N60, 1N270 или аналогичный)
J1 — J3	Разъемы коаксиальные
M1	Головка измерительная с током полного отклонения 50 или 100 мкА
R1A, R1B	Металлопленочные резисторы сопротивлением 750 Ом, мощностью 3 Вт и допуском 5%
R2 — R4	Угльные резисторы сопротивлением 51 Ом, мощностью 0,5 Вт и допуском 5%
R5	Угльный резистор сопротивлением 2,2 кОм, мощностью 0,5 Вт и допуском 5%
R6	Подстроечный резистор сопротивлением 10 кОм и характеристикой типа А
S1A, S1B	Переключатель на два положения, два направления (можно использовать обычный тумблер)

в положение Fwd-РАБОТА обеспечивается минимум вносимых потерь, поскольку резисторы моста сопротивлением 1 кОм позволяют измерять относительную падающую мощность и калибровать полную шкалу для измерений КСВ. Блок согласования антенны выполнен по стандартной Т-схеме, в которой использованы два миниатюрных переменных конденсатора с максимальной емкостью 335 пФ, обычно применяемых в транзисторных радиоприемниках, и намотанная на тороидальном сердечнике катушка индуктивности с отводами, выполненными согласно рисунку. Отводы лучше всего сделать следующим образом: намотать на тороидальный сердечник обычным способом 40 витков провода AWG #24 (0,51 мм), а затем процарапать внешнюю поверхность соответствующих витков ножом или специальным приспособлением для удаления эмаливой изоляции. После этого каждый зачищенный виток следует залудить и припаять к нему отвод.

АНТЕННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ НА ОУ

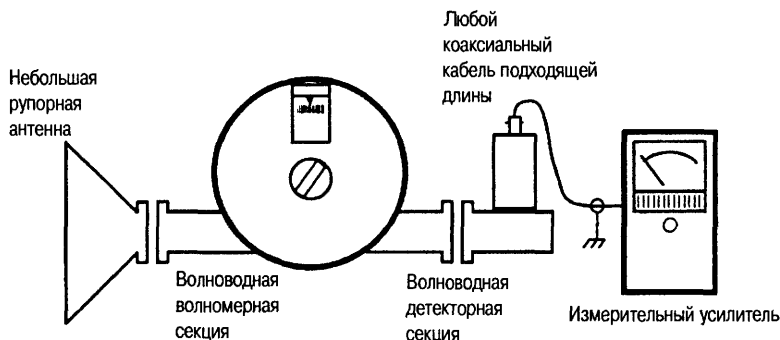


Electronics Now

Рис. 10.3

Импеданс любой достаточно длинной проволочной антенны на радиовещательных диапазонах обычно составляет несколько килоом, и его трудно согласовать с 50-омным входом приемника. Кроме того, к одной антенне нельзя подключать сразу несколько приемников, так как это приведет к взаимной расстройке их входных цепей. Предлагаемая схема решает обе проблемы. Первый операционный усилитель позволяет обойти согласование импеданса и при этом значительно увеличивает мощность сигнала, хотя он и не имеет усиления по напряжению. Остальные операционные усилители используются как развязывающие каскады, причем сигнал с выхода каждого из них подается только на один приемник. Фильтры низких частот не нужны, поскольку усиление этих ОУ резко падает на частотах больше 2–3 МГц.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ВОЛНОВОДНАЯ АНТЕННА НА 10 ГГц

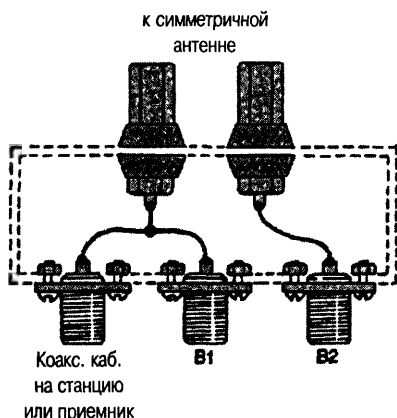


73 *Amateur Radio Today*

Рис. 10.4

Этот стенд, в состав которого входят волноводная испытательная антенна, волномер и измерительный усилитель, собран из небольшой рупорной антенны и секции перестраиваемого волноводного волномера промышленного изготовления и предназначен для измерения частоты сигналов СВЧ. Уровень СВЧ сигнала, выпрямленного детектором, подается на измерительный усилитель, обеспечивающий высокую чувствительность всей измерительной системы.

КОНСТРУКЦИЯ СИММЕТРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА



На рисунке показана монтажная схема практической конструкции коаксиального симметрирующего устройства 4:1. Оно предназначено для монтажа прямо на центральном изоляторе антенны.

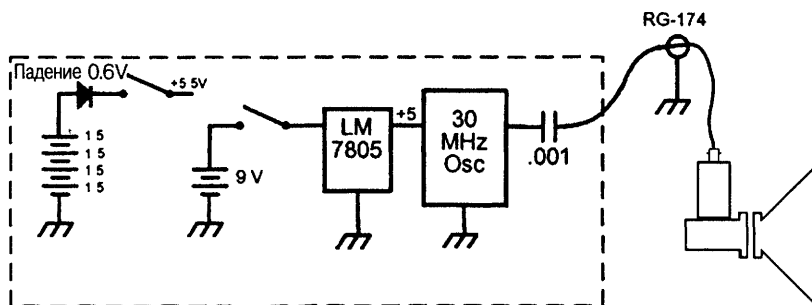
Popular Electronics

Рис. 10.5

ПЕРЕИЗЛУЧАЮЩАЯ АНТЕННА СВЧ

Предназначенная специально для испытаний СВЧ передатчиков диапазона 10 ГГц (3 см), эта антенна модулирует принимаемый сигнал частотой 30 МГц и переизлучает его, причем спектр переизлученного сигнала содержит составляющие, смещенные по

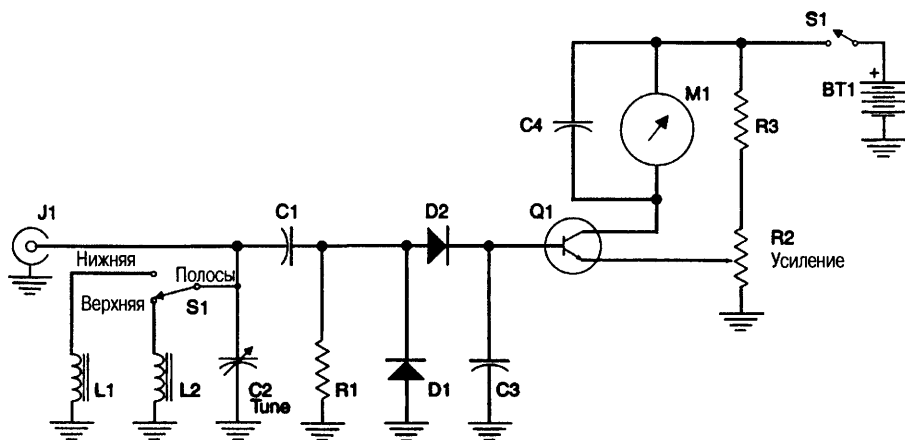
частоте от принятого сигнала на 30 МГц, которые и используются для приема при настройке и ориентировке «тарелок» (параболических антенн).



73 Amateur Radio Today

Рис. 10.6

ДЕТЕКТОР ШУМОВОГО МОСТА ДЛЯ НАСТРОЙКИ АНТЕНН



73 Amateur Radio Today

Рис. 10.7

Шумовое напряжение с выхода антенного шумового моста подается на схему по коаксиальному соединительному кабелю на разъем J1 типа SO-239. Этот шум, пиковый уровень которого обычно немного меньше 1,0 В, является широкополосным белым шумом и подается через конденсатор C1 емкостью 100 пФ на два малосигнальных диода, включенных по схеме удвоителя напряжения. Выпрямленное постоянное напряжение фильтруется дисковым конденсатором C3 емкостью 0,1 мкФ и затем поступает на базу малосигнального pnp-транзистора Q1, на котором собран измерительный усилитель. Стрелочный прибор M1 – микроамперметр с током полного отклонения 200 мкА. Отклонение его стрелки пропорционально току коллектора транзистора Q1. Выключатель питания S2 входит в состав

потенциометра R2, которым регулируется чувствительность прибора. Этот потенциометр, включенный последовательно с резистором R3, образует делитель в цепи напряжения питания устройства, которое обеспечивает 9-вольтовая батарея BT1. Регулятор чувствительности (GAIN) подключен к схеме таким образом, что при его вращении движок перемещается в направлении от резистора R3 к общему проводу. Этим потенциометром устанавливается напряжение смещения на эмиттере и соответственно тот уровень, при котором Q1 будет переходить из запертого состояния в активный режим при поступлении на его базу выпрямленного шумового сигнала. Потребляемый от батареи ток составляет примерно 8 мкА при отсутствии входного сигнала, достигая при полном отклонении стрелки прибора величины чуть большей 200 мкА. При столь малом потреблении тока устройство может работать от одной щелочной батареи годами, даже если забыть его выключить. Рабочий диапазон волн устройства охватывает практически все КВ диапазоны, от 40 м до 10 м, и разбит на два поддиапазона: 40–30 м и 20–17–15–12–10 м. Переключатель поддиапазонов S1 может быть либо обычным тумблером, либо тумблером движкового типа на два положения и одно направление. Переменный конденсатор C2 – небольшой, с воздушным диэлектриком и максимальной емкостью 150 пФ.

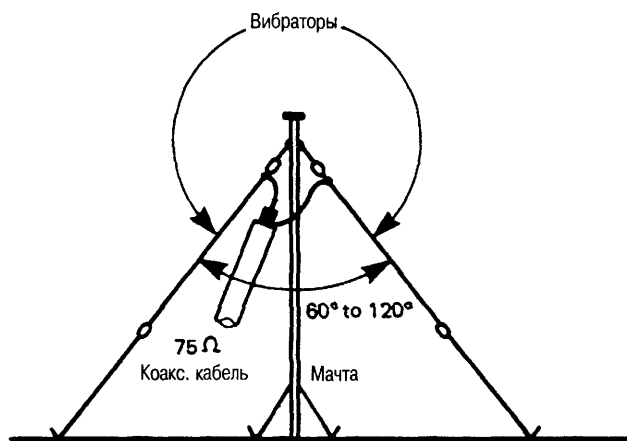
Таблица 10.7

	<i>Перечень элементов</i>
BT1	Щелочная батарея 9 В
C1	Слюдяной или поликарбонатный конденсатор емкостью 100 пФ
C2	Переменный конденсатор емкостью 140–150 пФ
C3	Дисковый керамический конденсатор емкостью 0,1 мкФ
C4	Дисковый керамический конденсатор емкостью 0,01 мкФ
D1, D2	Германиевые диоды: 1N34, 1N60, 1N90, 1N270 и т.п.
J1	ВЧ коаксиальный (или любой другой) соединитель типа SO-239
L1	33 витка эмалированного провода AWG #26 на тороидальном сердечнике T50-2 (диапазоны 40 и 30 м)
L2	11 витков эмалированного провода AWG #26 на тороидальном сердечнике T50-2 (диапазоны 20 и 10 м)
M1	Стрелочный прибор с током полного отклонения 100–200 мкА
Q1	Малосигнальный pnp-транзистор: 2N2222, 2N3904, 2N4124 и т.п.
R1, R3	Резисторы сопротивлением 10 кОм, 5%, 0,25 Вт
R2	Проволочный переменный резистор сопротивлением 1000 Ом, с линейной характеристикой, совмещенный с выключателем S2
S1	Переключатель поддиапазонов – тумблер или движковый, на два положения и одно направление

АНТЕННА INVERTED V

В радиолюбительской и СВ связи широко используется антенна типа Inverted V, главное преимущество которой в том, что ей нужна только одна опора. В определенных условиях антенна может занимать очень мало полезного места. При

необходимости, а также для улучшения параметров симметрирующее устройство с коэффициентом трансформации 1:1 и волновым сопротивлением 50 Ом можно установить прямо в точке питания.

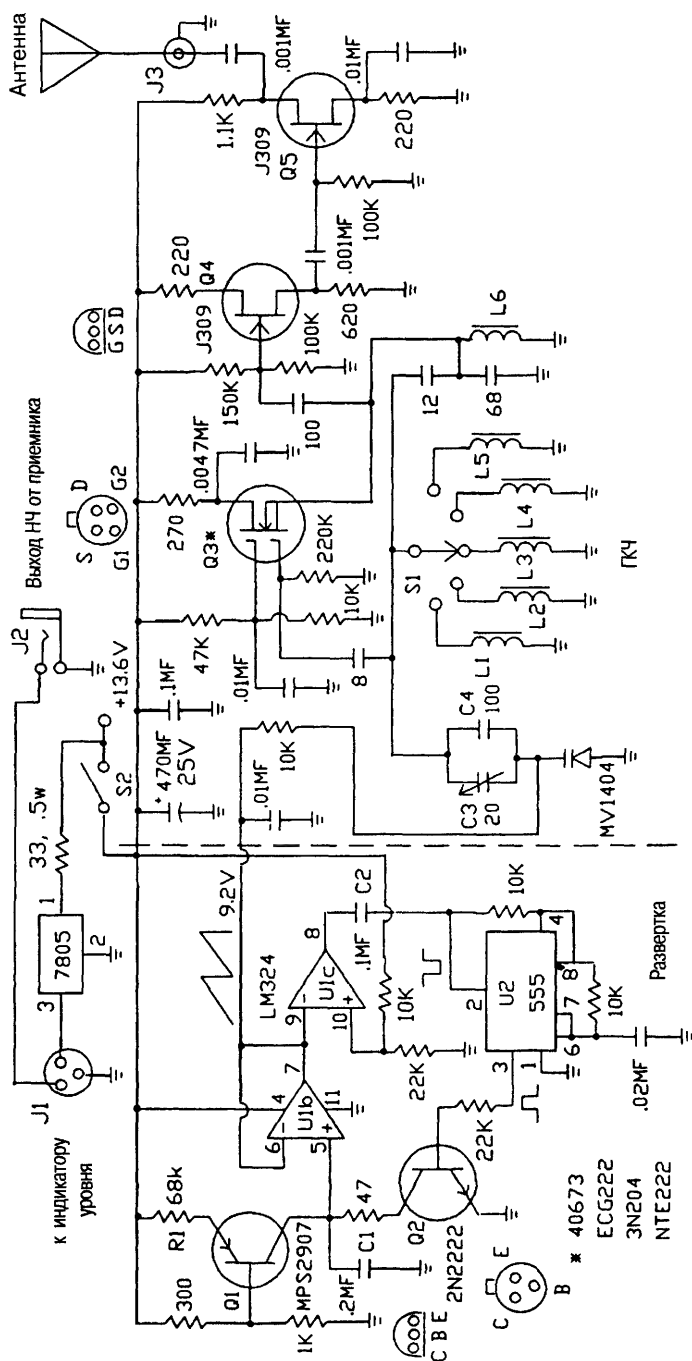


Electronic Experimenters Handbook

Рис. 10.8

СВИП-ГЕНЕРАТОР ДЛЯ НАСТРОЙКИ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ АНТЕНН

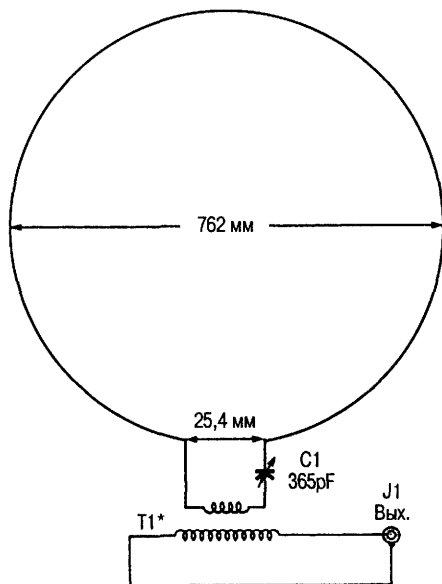
На транзисторе Q1 выполнен генератор стабильного тока, которым заряжается конденсатор C1, причем скорость заряда определяется номиналом резистора R1. Высокое входное сопротивление операционного усилителя U1b практически не влияет на работу генератора стабильного тока и служит буферным каскадом для подачи напряжения, формируемого на конденсаторе C1, на вход операционного усилителя U1c. Последний включен в режиме компаратора, и если напряжение на его инвертирующем входе (вывод 9) превысит уровень 9 В, то на выходе (вывод 8) появится низкий уровень напряжения. Этот перепад запускает моновибратор, собранный на таймере U2, через конденсатор C2, с помощью которого формируется короткий отрицательный импульс. Формируемый на выводе 3 микросхемы U2 положительный импульс открывает транзистор Q2, что вызывает быстрый разряд конденсатора C1. Таким образом, на выводе 7 операционного усилителя U1b получается периодическое пилообразное напряжение, частота которого определяется постоянной времени цепи R1C1 (примерно 75 Гц). Собственно генератор высокой частоты с электронной перестройкой выполнен на двухзатворном МОП транзисторе по схеме Колпитца. На выходе генератора включен буферный усилитель, с выхода которого высокочастотный сигнал выбранного диапазона поступает на выходной усилитель, работающий на короткую штыревую антенну. Так как сигнал пилообразной формы с выхода операционного усилителя U1b (вывод 7) поступает на варикап, емкость резонансного контура генератора периодически меняется примерно от 62 пФ при начальном уровне пилообразного



сигнала до очень малой величины при максимальном уровне, составляющем примерно 9,2 В. пилообразный сигнал, которым модулируется выходной высокочастотный сигнал, имеет один крутой фронт и специфический спектр и отличается характерным неприятным звучанием, напоминающим зуммер. Поэтому его легко отличить от других сигналов низкого уровня, которые могут присутствовать на выбранной частоте настройки при регулировке самого приемника или антенны.

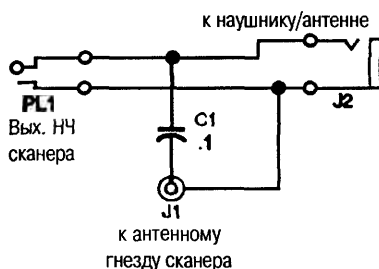
40-МЕТРОВАЯ РАМОЧНАЯ АНТЕННА

С этой рамочной антенной диапазона 40 м радиолюбитель может выйти в эфир прямо из квартиры. Антенна отлично работает и на прием. Согласующий трансформатор Т1 намотан на тороидальном сердечнике типа Т50-2. Первичная обмотка содержит 4 витка эмалированного медного провода AWG #18 (1,02 мм), а вторичная – 12 витков эмалированного медного провода AWG #20 (0,81 мм). Катушки намотаны виток к витку, причем вторичная обмотка расположена рядом с первичной (обмотки не должны перехлестываться).



АНТЕННА СКРЫТОГО НОШЕНИЯ ДЛЯ СКАНЕРА

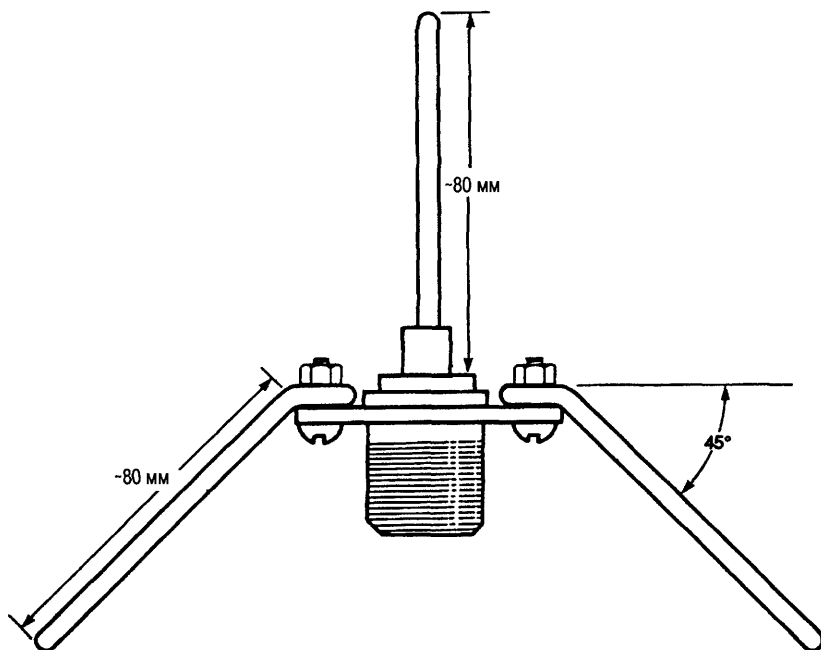
На рисунке представлена принципиальная электрическая схема специальной антенной цепи. Поскольку схема пассивная, источник питания не нужен. Фишка PL1

Popular Electronics **Рис. 10.11**

включается либо в гнездо НЧ выхода, либо в гнездо головных телефонов сканера. Звуковой сигнал подается в устройство через гнездо J2 «телефон/антенна». Конденсатор C1 емкостью 0,1 мкФ соединяет центральный («горячий») вывод J2 с коаксиальным разъемом J1 типа BNC. Когда в гнездо J2 включены головные телефоны, ВЧ сигналы, наведенные на их провода, через конденсатор C1 поступают на коаксиальный разъем J1, а через него – на входной каскад сканера. При этом НЧ и ВЧ тракты сканера полностью раз-

вязаны между собой. Таким образом, включенные в гнездо J2 головные телефоны выполняют в данной схеме свою основную функцию и вместе с тем служат антенной.

АНТЕННА НА 800 МГц



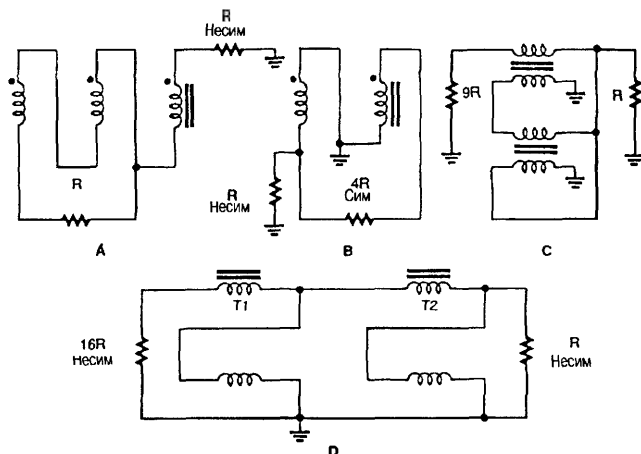
Popular Electronics

Рис. 10.12

Эта простая четвертьволновая антенна может улучшить качество радиосвязи в диапазоне 800 МГц, а собрать ее можно буквально в течение двух часов.

ТОРОИДАЛЬНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР

Представлено несколько типов согласующих трансформаторов: 1:1 симметрирующее устройство (А), 4:1 симметрирующее устройство (В), 9:1 несимметричное согласующее устройство (С) и 16:1 несимметричное согласующее устройство (D).



Popular Electronics

Рис. 10.13

СИММЕТРИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОАКСИАЛЬНОЙ ЛИНИИ

Симметрирующий трансформатор 4:1 для коаксиального снижения можно изготовить из 75-омного коаксиального кабеля. Известно, что электрическая длина симметрирующей секции равна половине длины волны на центральной частоте рабочей полосы. Это значение приблизительно равняется физической длине кабеля, умноженной на его коэффициент укорочения, причем при расчете надо учесть влияние на эту длину паяных и механических соединений.

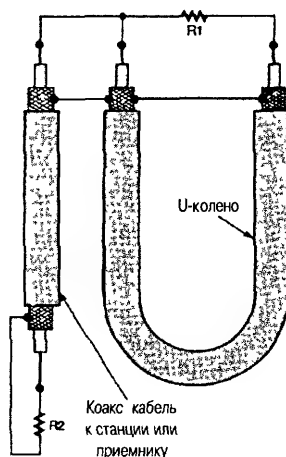
Popular
Electronics

Рис. 10.14

10-ВАТТНЫЙ ЭКВИВАЛЕНТ НАГРУЗКИ

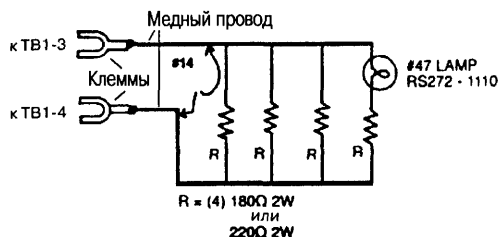


Рис. 10.15

Этот эквивалент нагрузки предназначен для настройки 10-ваттной коротковолновой телеграфной любительской радиостанции. Он может использоваться с самыми разными устройствами диапазона коротких волн. Плоские наколенники под монтажные винты могут быть заменены высокочастотным разъемом для большего удобства в работе. Лампа действует как относительный указатель рассеиваемой мощности.

73 Amateur Radio Today

ПРОСТОЕ СОГЛАСУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

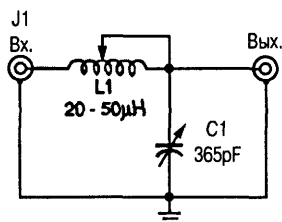


Рис. 10.16

С этим простейшим согласующим устройством можно использовать любые виды антенн – от кроватной пружины до «длинного луча». При включении устройства в тракт, где мощность сигнала может превышать 5 Вт, в качестве переменного конденсатора С1 следует использовать только модели, имеющие большую допустимую реактивную мощность.

Popular
Electronics

Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
40673		КП350, КП306, КП327, КП347, КП382	
1N270		Д2, Д9	
1N60		Д2, Д9	
1N90		Д2, Д9	
2N4124	КТ3102Д		
J309		КП303Д, Е; КП307Г, Д; КП312, КП323; КП329; КП341; КП364Д, Е	
MPS2907	КТ313		

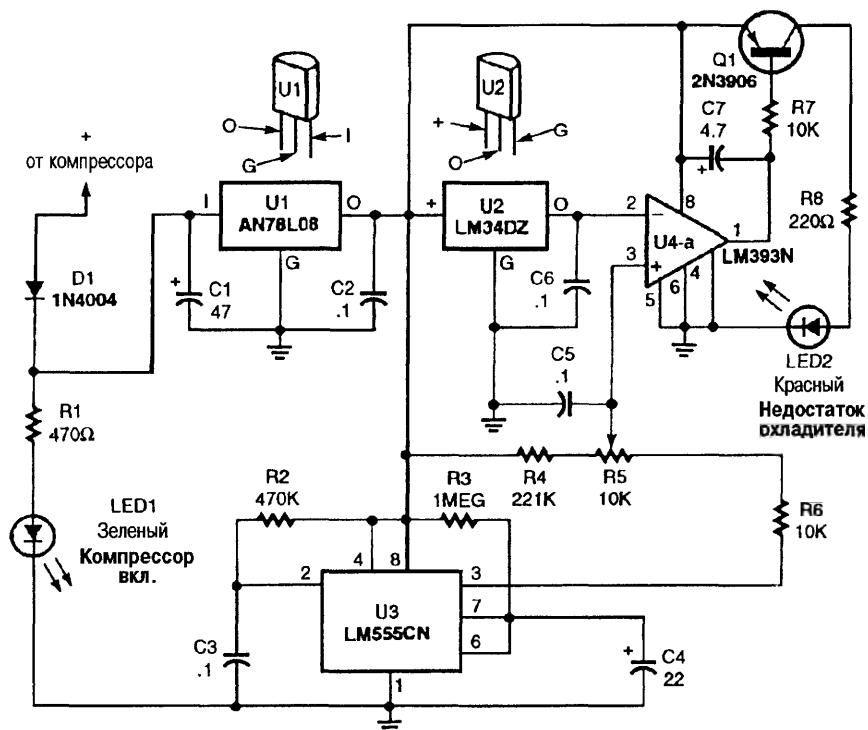
Аналоги и возможные замены (окончание)

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
MV1404			Любой варикап с малым управляющим напряжением и достаточно высокой добротностью (с учетом максимальной рабочей частоты)
TL054		K1401УД4	Счетверенный высокоскоростной операционный усилитель с полевыми транзисторами на входах, усилитель-разветвитель работает на частотах до 4 МГц

ГЛАВА 11

СХЕМЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

МОНИТОР КОНДИЦИОНЕРА ВОЗДУХА



Popular Electronics

Рис. 11.1

Цепь питания монитора автокондиционера подключена к проводу, по которому напряжение +12 В поступает на магнитную муфту компрессора. Поэтому схема включается только тогда, когда автокондиционер работает на охлаждение салона. Основой устройства является микросхема U2 – интегральный датчик температуры

с заводской калибровкой, в стандартном трехвыводном пластмассовом корпусе, который тарирован под коэффициент преобразования температура/напряжение в $10 \text{ мВ}/1^\circ\text{F}$. Этот датчик, работающий от стабилизированного напряжения питания 8 В, механически закреплен на возвратной трубке змеевика испарителя автокондиционера, так что он воспринимает именно рабочую температуру. Его выходное напряжение, пропорциональное определяемой температуре, подается на вывод 2 микросхемы U4-а – компаратора напряжения LM393N – то есть на его инвертирующий вход. Таким образом, выход этого компаратора используется для определения рабочей температуры возвратной трубки испарителя. Смещением на неинвертирующем входе U4-а можно установить уровень срабатывания устройства несколько выше напряжения на выходе датчика U2, соответствующего нормальной рабочей температуре возвратной трубки испарителя, – около 0,4–0,5 В или $40\text{--}50^\circ\text{F}$ ($4,5\text{--}10^\circ\text{C}$).

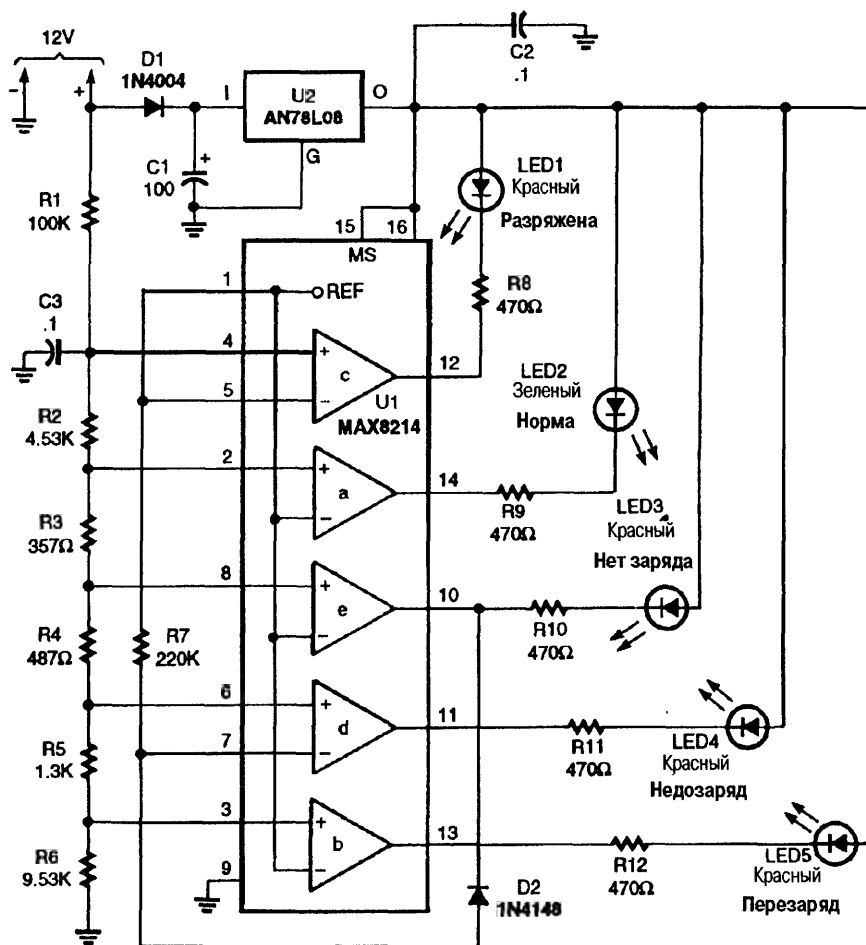
Во избежание ложной тревоги, вызываемой теплой возвратной трубкой при включении компрессора, в схему введена цепь временной задержки на микросхеме U3 – обычном таймере 555, включенном по схеме ждущего мультивибратора. Последний формирует выходной импульс длительностью примерно 25 с, зависящей от номиналов резистора R3 и конденсатора C4. Когда компрессор включается, то поданное на него напряжение поступает также на монитор и автоматически запускается микросхема U3. После запуска на ее выводе 3 генерируется положительный выходной импульс. Он вызывает закрывание выходного транзистора компаратора U4-а. В этом случае тока базы транзистора Q1 нет, и светодиод LED2 не будет светиться. По окончании рабочего цикла микросхемы U3 компаратор U4-а готов отрабатывать изменения температуры испарителя. Если температура будет выше предела, установленного потенциометром R5, то на выходе компаратора U4-а появляется низкий логический уровень и загорается предупреждающий светодиод (LED2). Итак, из вышесказанного следует, что высокая температура возвратной трубки испарителя – это симптом либо потери охлаждающей жидкости, либо иной неисправности системы кондиционирования. Другой светодиод (LED1) включен в схему как световой индикатор работы компрессора автомобильного кондиционера. Если количество хладагента заметно уменьшится, то циклы работы компрессора будут короткими, и по частым вспышкам светодиода водитель узнает о возможности потери хладагента.

АНАЛИЗАТОР ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Система диагностики автомобильного электрооборудования построена на базе микросхемы типа MAX8214ACPE фирмы Maxim, содержащей пять компараторов напряжения и снабженной прецизионным источником опорного напряжения 1,25 В, а также встроенной логической схемой, которая позволяет инвертировать логическое состояние на выходах двух компараторов.

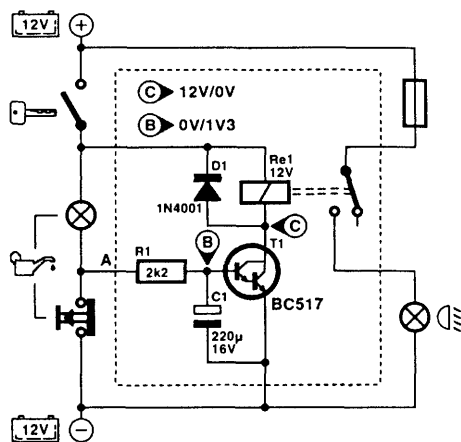
Таблица 11.2

Неисправности электросистемы автомобиля		
Условия	Нормальное напряжение	Возможные неисправности
Автомобиль на стоянке	12,6 В	<12,4 В: дефект элемента или сильный разряд батареи
Запуск двигателя	9,0 В	<9 В: слабая батарея
Зажигание	>12,8 В	<12,8 В: нет заряда; плохой генератор или проводка
Работа с минимальной нагрузкой	>13,4 В	13,4 В: дефект генератора или регулятора напряжения
Работа с минимальной нагрузкой	<15,2 В	>15,2 В: перезаряд; дефект регулятора
Работа с максимальной нагрузкой	>13,4 В	<13,4 В: дефект генератора или проскальзывание ремня



АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ СВЕТОВОГО СИГНАЛА

Мотоциклы и автомобили, которые не оборудованы автоматикой управления дневными световыми сигналами, можно оснастить согласно настоящей схеме. В ней используются датчик и индикатор давления масла. Когда двигатель не работает, контакты этого датчика, расположенного в двигателе, замкнуты. При включении зажигания на щитке загорается соответствующий световой сигнал. Потенциал в точке А будет низким, и никакой реакции на произведенное действие не последует. Если же запускается двигатель, то давление масла начинает расти, контакты датчика размыкаются и индикатор гаснет. Потенциал в точке А становится высоким, открывается транзистор Т1, и реле срабатывает. Его контакты замыкаются, и включаются лампы световых сигналов. Когда двигатель выключается, реле отпускает, и фары гаснут.

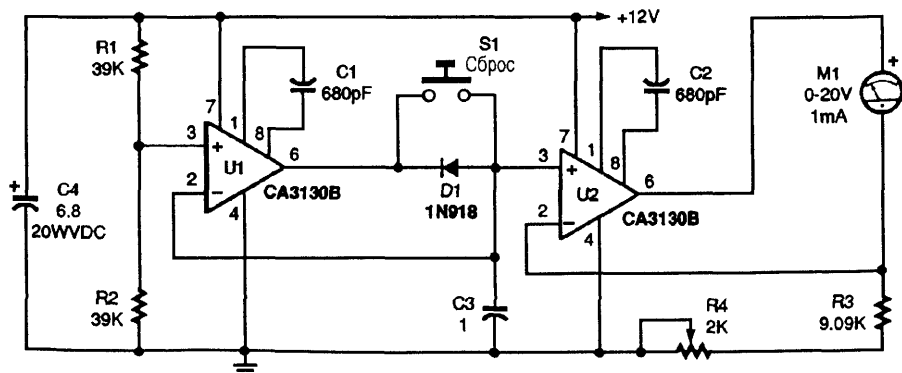


Elektor Electronics

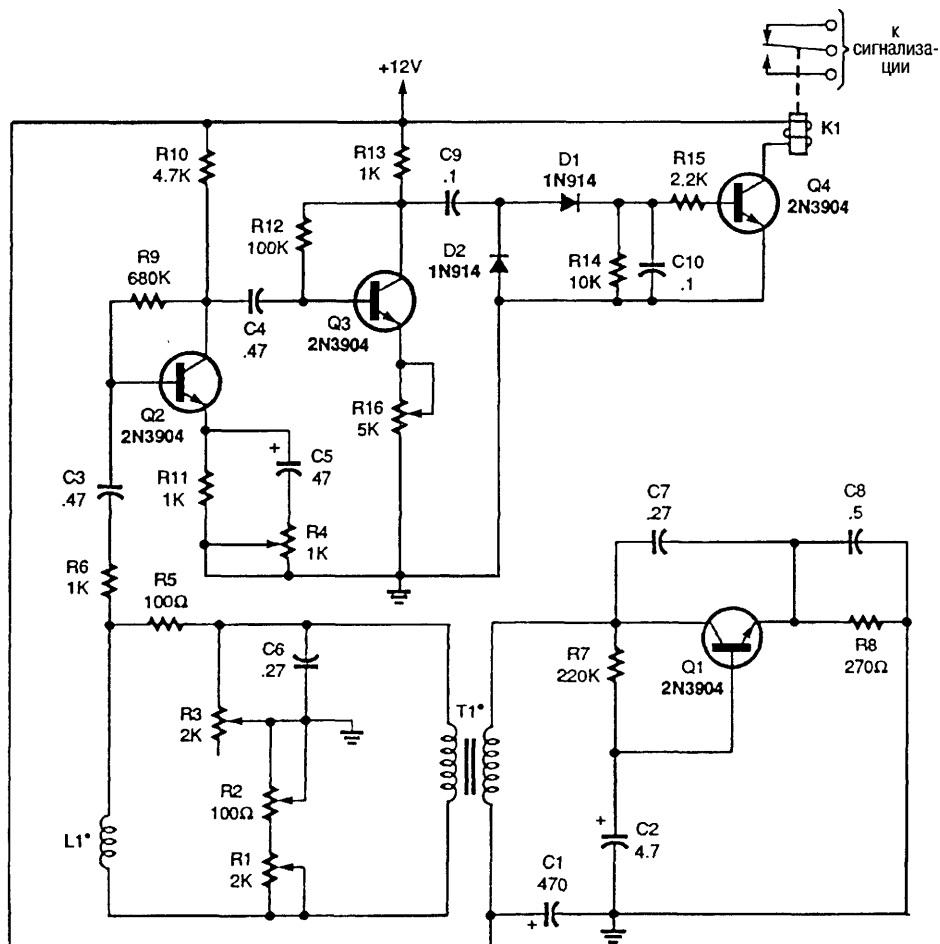
Рис. 11.3

ПРОБНИК ДЛЯ ПРОВЕРКИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Прежде всего необходимо узнать, нормально ли заряжена аккумуляторная батарея и не закорочены ли провода стартера. Пробник, собранный по приведенной схеме, покажет на стрелочном индикаторе, насколько сильно уменьшается напряжение на аккумуляторной батарее во время пуска двигателя. Схема представляет собой пиковый вольтметр, измеряющий отрицательные пики напряжения.



ДЕТЕКТОР ПРИСУТСТВИЯ АВТОМОБИЛЯ



Popular Electronics

Рис. 11.5

Здесь приведена схема устройства, которое при условии тщательной настройки может контролировать наличие или отсутствие вблизи датчика крупных металлических предметов. Катушка L1 содержит 50 витков эмалированного провода AWG #26 (0,40 мм) и намотана на оправке диаметром 1270 мм. Если такую катушку закопать в грунт, то схема может быть использована для регистрации проезда над ней любого легкового или грузового автомобиля. Транзистор Q1 и соответствующие элементы образуют генератор по схеме Колпитца, работающий на частоте около 10 кГц. Выходной сигнал генератора подается на мост Максвелла через вторичную обмотку трансформатора T1, в качестве которого использован обычный согласующий трансформатор звуковых частот 600/600 Ом. Резисторами R1, R2 и R3 схема настраивается так, чтобы мост был сбалансирован при

отсутствии крупных металлических предметов вблизи катушки L1. При этом переменное напряжение на выходе моста (точка соединения R5/L1 относительно «земли») будет почти нулевым. Если над катушкой L1 движется достаточно большой ферромагнитный объект, мост разбалансируется, и на его диагонали появляется переменное напряжение. Оно поступает на первый усилительный каскад, собранный на транзисторе Q2, включенном по схеме с общим эмиттером. Усиление этого каскада выставляется подстроечным резистором R4. Сигнал с выхода усилителя подается на базу транзистора Q3 и с его коллектора поступает на детектор с удвоением напряжения. В свою очередь сигнал детектора включает транзистор Q4, который управляет реле. Реле K1 лучше применить на рабочее напряжение 12 В с малым током срабатывания (высокочувствительное), контакты которого включаются в цепь любой охранной сигнализации (работающей на разрыв или на замыкание) для контроля за местонахождением автомобиля. Подключать к устройству катушку L1 лучше экранированным кабелем, причем для получения высокой чувствительности катушку не рекомендуется закапывать глубже 200 мм от поверхности земли. Следует помнить также о защите от погодных условий всех элементов, работающих вне помещений.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ СВЕТА ФАР

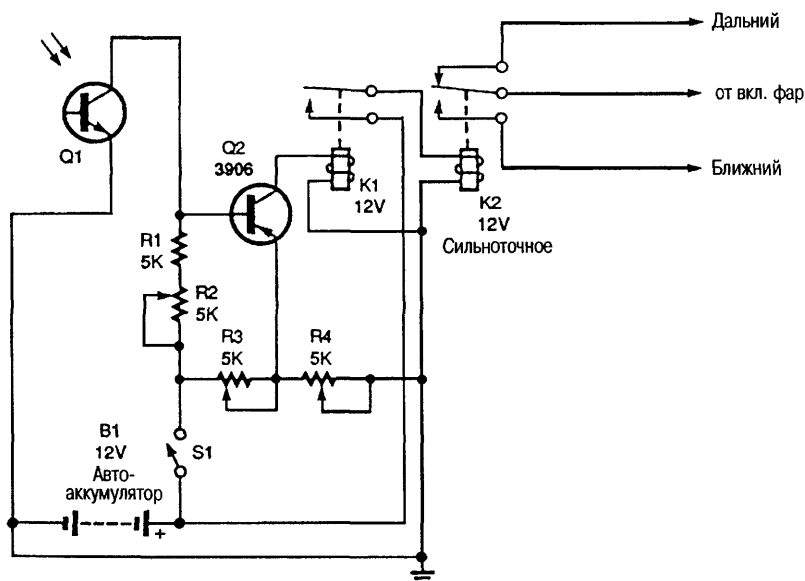
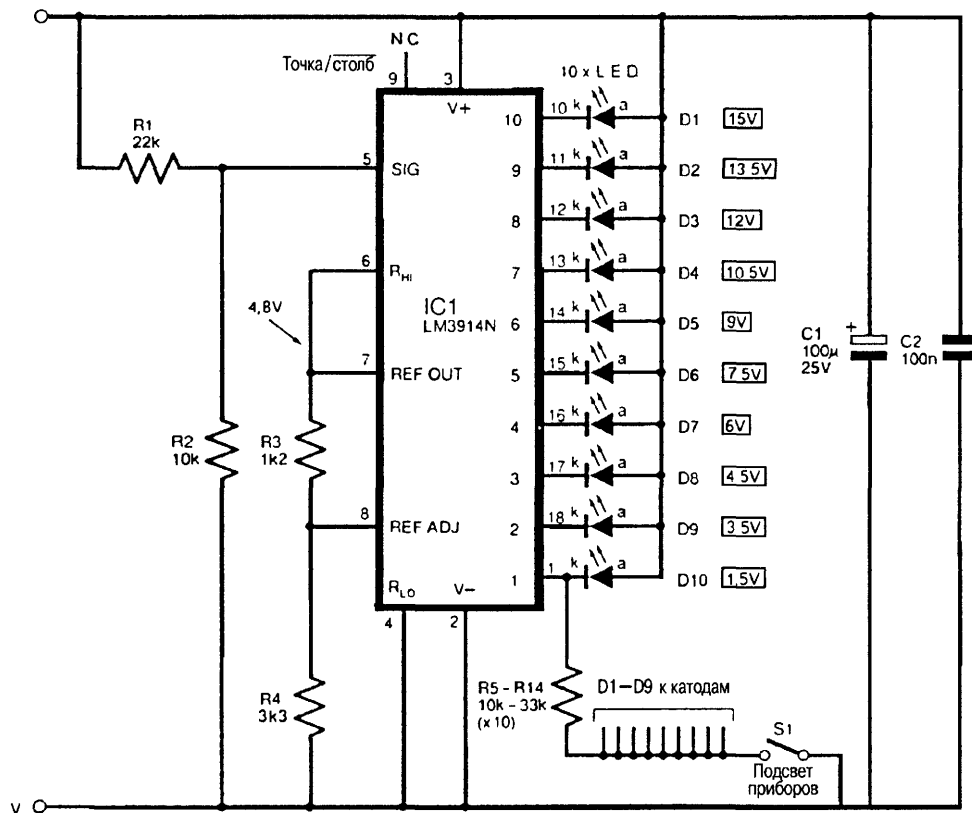


Схема разработана для переключения фар автомобиля с дальнего света на ближний при приближении встречного транспорта. Когда фототранзистор Q1 находится в условиях слабой освещенности, то режим схемы настраивается переменным

резисторами так, чтобы транзистор Q2 был закрыт. Если на полосе встречного движения нет автомобилей с включенным дальним светом, то система не срабатывает, обмотка реле K1 обесточивается и его контакты остаются замкнутыми. Реле K2 остается под током, и через его контакты включается дальний свет. Если же свет фар приближающегося автомобиля попадает на фототранзистор, то базовый и коллекторный токи ррр-транзистора Q2 значительно увеличиваются, и срабатывает реле K1. Это автоматически обесточивает обмотку мощного реле K2, работающего непосредственно от аккумуляторной батареи автомобиля, поэтому дальний свет фар переключается на ближний. Тумблер S1 должен быть удобно расположен на приборной панели автомобиля, и днем находиться в положении ВЫКЛ., чтобы схема не включала фары просто от солнечного света.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ВОЛЬТМЕТР С ЛИНЕЙНОЙ ШКАЛОЙ



В устройстве использована микросхема IC1 – контроллер индикатора с линейной шкалой LM3914, который включен таким образом, что измеряется его собственное

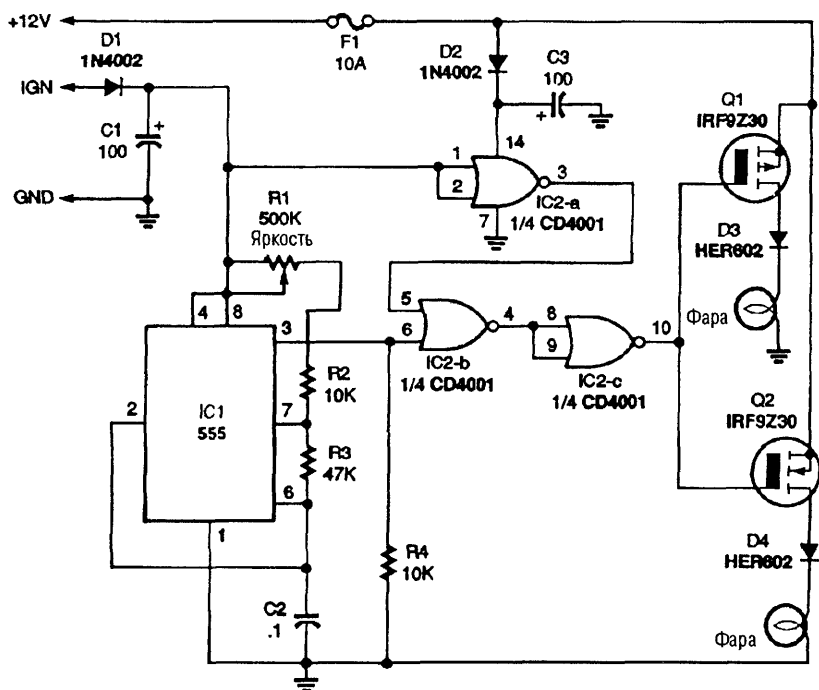
напряжение питания, поэтому схема просто подключается к бортовой сети +12 В (необходимо тщательно соблюдать полярность напряжения, подаваемого на выводы 2 и 3 микросхемы IC1). Десять светодиодов D1 – D10, соответствующих уровням от 1,5 до 15 В, служат для индикации реального напряжения на аккумуляторной батарее. В микросхеме содержится 10 компараторов с объединенными сигнальными входами, и каждый из десяти работает на один светодиод. Компараторы сравнивают внутреннее опорное напряжение с входным напряжением, подаваемым на вывод 5 микросхемы. Резисторами R3 и R4 следует установить опорное напряжение микросхемы немного меньше уровня 5 В. При этом каждый следующий светодиод будет загораться при увеличении входного напряжения на 500 мВ (5 В / 10 уровней) относительно уровня, при котором загорелся предыдущий. Чтобы можно было измерять напряжение батареи 12 В, используемое и для питания самой микросхемы, в устройство включен делитель напряжения на резисторах R1 и R2. Светодиод D1 горит при входном напряжении около +15 В; при его снижении последовательно загораются светодиоды D2 – D10. Схема индикатора включена в режиме ТОЧКА. Если вывод 9 микросхемы соединить с напряжением питания, то микросхема будет работать в режиме СТОЛБ (не рекомендуется из-за большого потребляемого тока). Поскольку все 10 выходов являются генераторами стабильного тока, светодиоды будут гореть с одной и той же яркостью независимо от изменений напряжения питания; при разряде батареи она не будет уменьшаться. Однако первые два или три светодиода в этом вольтметре (D8 – D10) излишни, поскольку микросхема LM3914 при напряжении питания ниже +5 В будет работать неточно.

СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОВЫМИ ПРИБОРАМИ

Данная схема представляет собой мощный импульсный генератор с регулируемой скважностью, с выхода которого на световые приборы автомобиля подаются импульсы тока при включенном зажигании. Напряжение 12 В поступает на схему от двух разных цепей. Напряжение для световых приборов берется непосредственно от автомобильного аккумулятора и генератора и через предохранитель F1 подается на схему. Питание цифровой или логической части схемы формируется из напряжения +12 В цепи системы зажигания. Когда зажигание включено, схема также включена, и наоборот. При включенном зажигании напряжение питания поступает на схему через диод D1, разрешая работу микросхемы IC1 – таймера 555, который включен по схеме генератора импульсов. На выводе 3 микросхемы IC1 формируется выходной сигнал генератора. Его скважность определяется следующим соотношением: $(R1 + R2) / R3$.

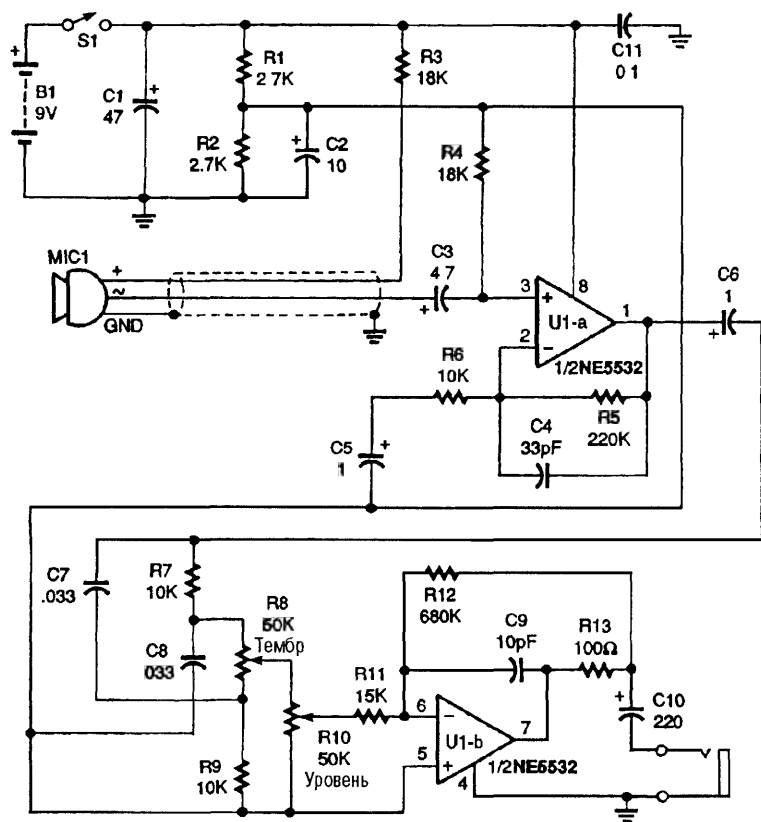
Потенциометр R1 позволяет регулировать длительность отрицательной части выходного импульса в пределах 10–50% полного периода сигнала. Регулирование необходимо для того, чтобы можно было устанавливать удобный уровень яркости световых приборов. Микросхема с логическими элементами (IC2) питается непосредственно от автомобильного аккумулятора и генератора и используется

для управления работой схемы. Когда зажигание выключено, логический уровень на выводе 3 элемента IC2-а высокий. При таком логическом состоянии на транзисторах нет отпирающего смещения и световые приборы не работают. Когда зажигание включено, через диод D1 напряжение питания подается на генератор. На выходе микросхемы IC1, где собран генератор, появляется последовательность импульсов, которая одновременно поступает на затворы МОП транзисторов Q1 и Q2. Через эти транзисторы импульсы напряжения +12 В затем поступают соответственно через диоды D3 и D4 на лампы фар ближнего света автомобиля. Диоды обеспечивают развязку между устройством и электрооборудованием автомобиля. Конструкция устройства делает возможным добавление к схеме второй пары мощных МОП транзисторов и соответствующих диодов, причем управлять-ся они будут через микросхему IC2-d. Таким образом, в работу схемы могут быть включены и задние огни автомобиля.



АВТОМОБИЛЬНЫЙ СТЕТОСКОП

Основной частью стетоскопа является операционный усилитель U1 типа NE5532, специально предназначенный для работы в высококачественных УНЧ. Он может работать с малыми сопротивлениями нагрузки и позволяет включать головные телефоны прямо на выход, без использования мощного буферного каскада.



Electronic Hobbyists Handbook

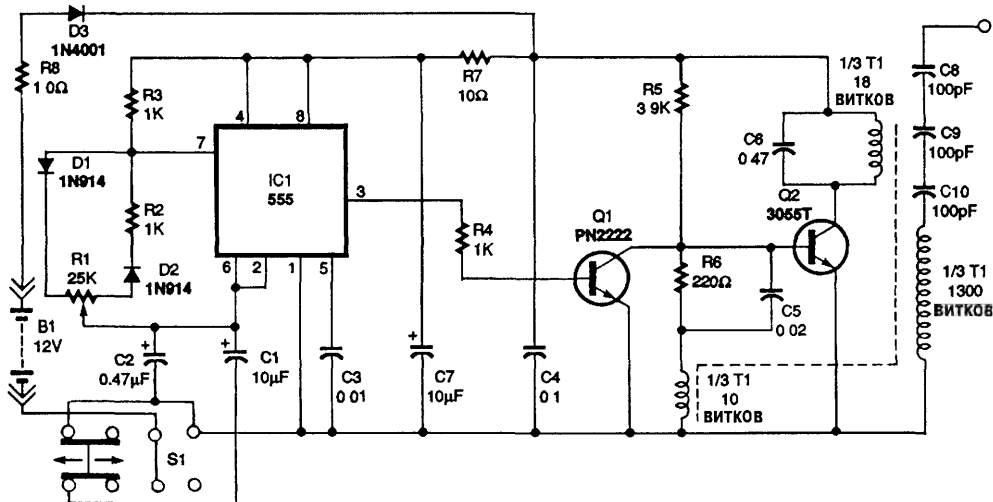
Рис. 11.9

В этой схеме конденсаторный микрофон и УНЧ на основе маломощного операционного усилителя NE5532 использованы для изготовления автомобильного диагностического прибора. Микрофон монтируют в зонде или в отрезке трубки, а в процессе диагностики размещают около или непосредственно на различных частях двигателя или на других исследуемых объектах для получения дополнительной информации. Различные звуки, исходящие от анализируемых объектов, помогают найти возможные источники возникающих неисправностей

АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГУЛИРОВКА ГРОМКОСТИ ДЛЯ АВТОРАДИО

Это устройство автоматически увеличивает громкость автомобильного радиоприемника или магнитолы при увеличении скорости (и, следовательно, уровня шума в кабине) или уменьшает до нормального уровня при уменьшении скорости. Специальная микросхема тахометра IC1 типа LM2917 получает импульсы от контактов прерывателя системы зажигания и преобразует их в напряжение, прямо

в специальных мастерских, но типовые изделия можно приобрести и в розничной торговле. В отдельных штатах США и в ряде других государств монтаж иллюминации или иных систем подсветки на некоторых частях автомобиля запрещен законом.



Electronics Now

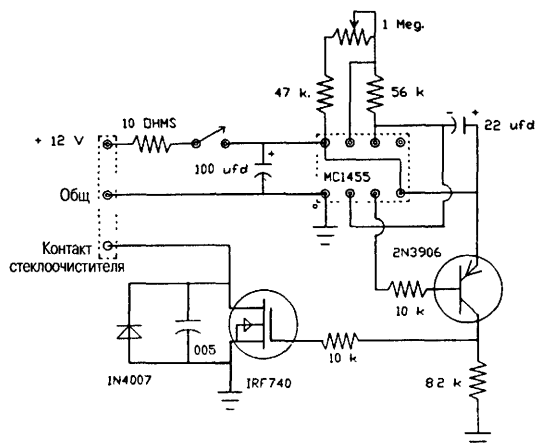
Рис. 11.11

Примечание. Следует отключить аккумулятор перед подключением схемы к электросистеме автомобиля. Трансформатор T1 – самодельный; конденсаторы C8 – C10 должны подходить для жестких условий эксплуатации.

СХЕМА ДЛЯ ПЕРЫВИСТОГО РЕЖИМА РАБОТЫ СТЕКЛООЧИСТИТЕЛЕЙ

Рабочие временные интервалы задаются микросхемой таймера типа 555. Цепь из резисторов и конденсатора на выводах 6, 7 и 8 определяет минимальный интервал в 2 с и максимальный в 20 с. Выход таймера 555 на выводе 3 управляет состоянием рп-транзистора 2N3906, на коллекторе которого формируется импульс, необходимый для управления затвором мощного полевого МОП транзистора IRF740. Он служит исполнительным элементом и по завершении сформированного таймером импульса включает электродвигатель стеклоочистителя. В схеме используются контакты кулачкового механизма стеклоочистителя для того, чтобы при выключении «щетки» останавливались в предусмотренном конструкцией положении. Если стеклоочиститель находится в нерабочем положении, то контакты кулачкового механизма разомкнуты. Параллельно им включены контакты смонтированного на приборной панели выключателя. Прерыватель соединен с контактами кулачкового механизма согласно показанной на рисунке схеме. Если

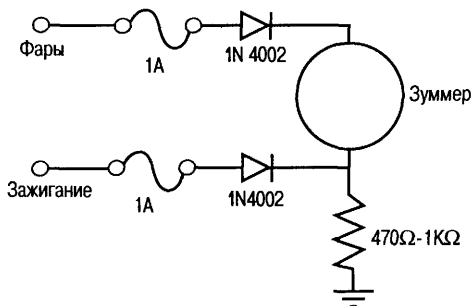
устройство работает, а контакты выключателя на приборной панели разомкнуты, то мощный МОП транзистор подает напряжение на электродвигатель стеклоочистителя и запускает его. Через некоторое время контакты кулачкового механизма замкнутся, и электродвигатель будет работать (независимо от состояния МОП транзистора) до тех пор, пока «щетки» не окажутся в исходном положении. В этот момент контакты кулачкового механизма разомкнутся. Электродвигатель остановится, и один полный цикл работы стеклоочистителей завершится.



Nuts & Volts Magazine

Рис. 11.12

ИНДИКАТОР ВКЛЮЧЕНИЯ ФАР

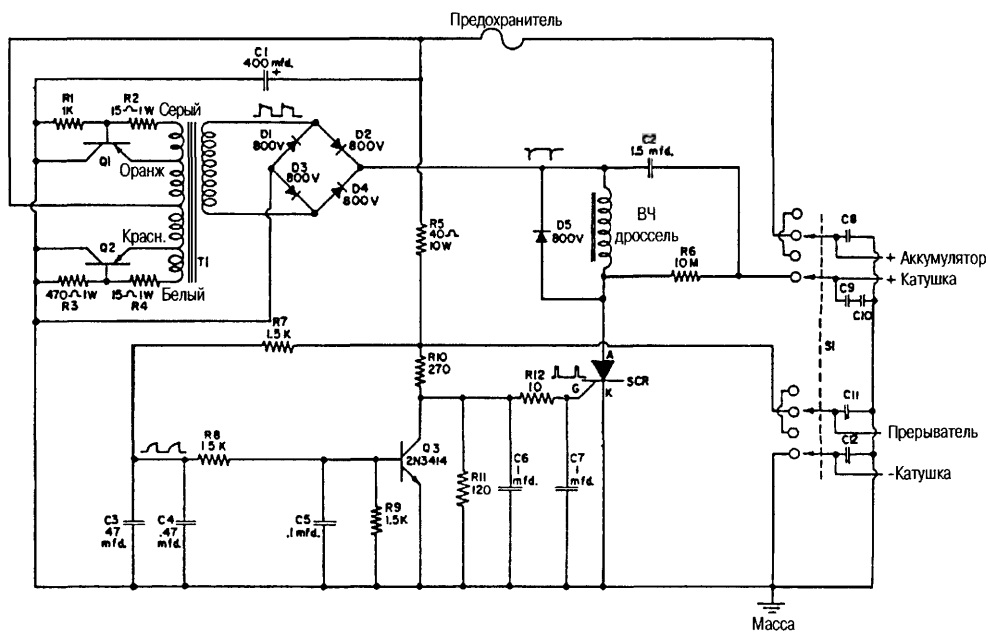


Вильям Шиитс

Рис. 11.13

Если зажигание выключено, а фары включены, то загудит зуммер (BZ).

КОНДЕНСАТОРНАЯ СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ



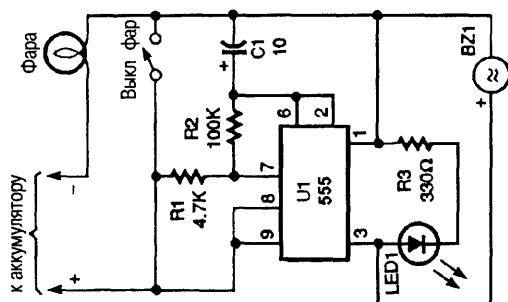
Nuts & Volts Magazine

Рис. 11.14

Примечание. На эту схему выложена заявка на патент. Конденсаторы C8 – C12 емкостью 0,01 мкФ; контакты переключателя дублированы для повышения надежности.

Данная схема зажигания состоит из преобразователя постоянного напряжения, заряжающего до 250–300 В конденсатор емкостью 1,5 мФ. Разрядной цепью при размыкании контактов распределителя служит первичная обмотка катушки зажигания. При размыкании контактов прерывателя через инвертор и формирователь импульсов, собранный на транзисторе Q3 и соответствующих элементах, включается кремниевый управляемый выпрямитель (тиристор). Подобная схема типична для всех конденсаторных систем зажигания. Использованный в данном устройстве трансформатор Т1 изготовлен специально для этой схемы, однако подойдет любой трансформатор от преобразователя постоянного напряжения и соответствующая схема преобразователя, которая способна выдать постоянное напряжение 250 В (или больше).

ВИЗУАЛЬНЫЙ И ЗВУКОВОЙ МОНИТОР СВЕТА ФАР

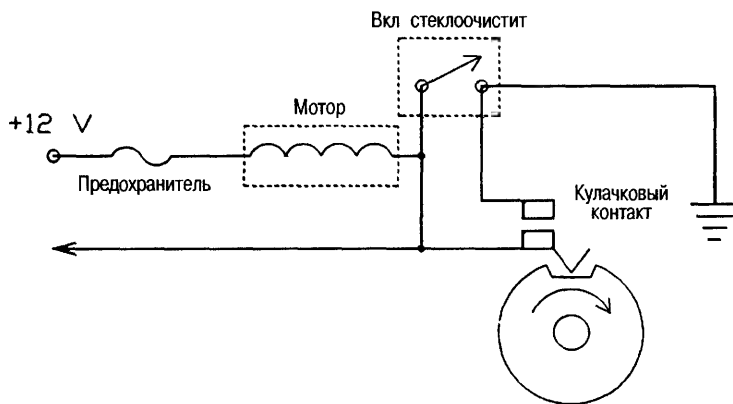


Popular Electronics

Рис. 11.15

Если мигает светодиод и гудит пьезозуммер – передние световые приборы выключены.

СХЕМА ДЛЯ СТЕКЛООЧИСТИТЕЛЕЙ



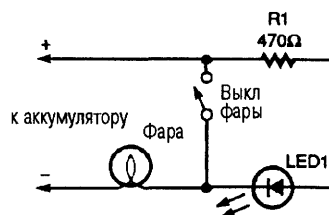
Nuts & Volts Magazine

Рис. 11.16

Когда стеклоочистители работают, то напряжение на двигатель их привода подается через выключатель, который подсоединен параллельно контактам, управляемым кулачком. Если стеклоочистители не нужны, используется выключатель на приборном щитке, но двигатель продолжает вращаться до тех пор, пока кулачок не разомкнет контакты. Таким образом, остановится двигатель только тогда, когда «щетки» будут в нерабочем положении.

«СТОРОЖ» ДЛЯ ФАРЫ

Пользуясь этой простой схемой, мотоциклист никогда не забудет включить фару.

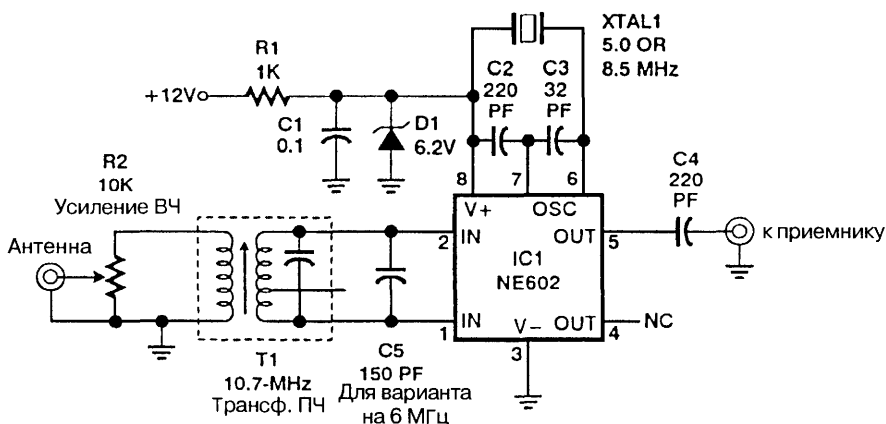


Popular
Electronics

Рис. 11.17

КОРТОКОВОЛНОВЫЙ КОНВЕРТОР

Этот конвертор, собранный на микросхеме NE602, позволит принимать передачи в коротковолновых диапазонах 6 МГц или 9,5 МГц прямо на автомобильный приемник.

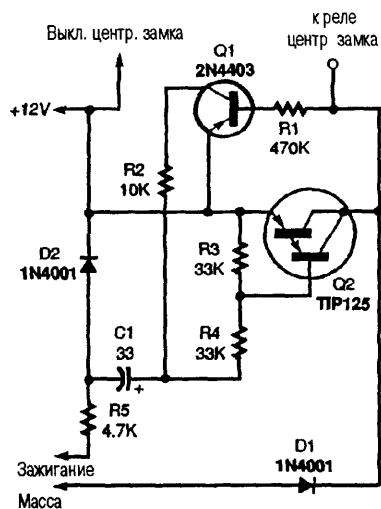


Electronics Now

Рис. 11.18

АВТОМАТИЧЕСКАЯ БЛОКИРОВКА ДВЕРЕЙ

Когда ключ зажигания находится в рабочем положении, напряжение +12 В и напряжение цепи зажигания, к которым подключена схема, отличаются друг от друга не более чем на 0,5 В. Резистор R3 удерживает составной транзистор Q2 в закрытом состоянии. Транзистор Q1, эмиттерный переход которого включен параллельно эмиттеру и коллектору транзистора Q2, открыт в результате большого



падения напряжения на транзисторе Q2. Когда ключ зажигания устанавливается в нерабочее положение, напряжение в цепи зажигания отсутствует, и резистор R5 оказывается под потенциалом массы. Поскольку конденсатор C1 разряжен, через него начинает течь ток, проходящий через резисторы R3, R4 и R5 и различное электрооборудование автомобиля на «землю». Этим током транзистор Q2 открывается и переходит в состояние насыщения; напряжение на нем становится меньше 0,5 В. Тогда к обмотке реле блокировки автомобиля прикладывается почти полное напряжение батареи, а транзистор Q1 выключается. Делитель на резисторах R3 и R4 предотвращает ложные срабатывания схемы при бросках и помехах в цепи зажигания.

Popular Electronics

Рис. 11.19

Аналоги и возможные замены

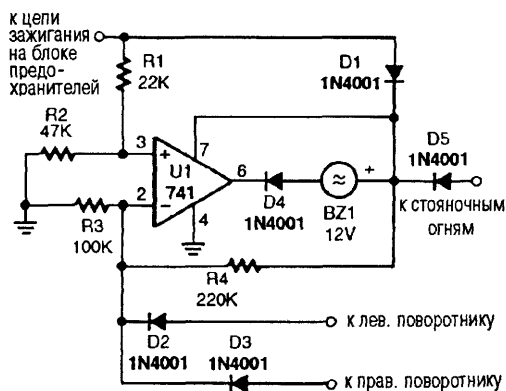
Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
1N918		КД510А	
2N3414		КТ645	
2N4403	КТ6102, КТ6116	КТ505	
3055Т	КТ8150А		
BC517		КТ972	
HER602		КД213, КД206, КД271, КД2998	
IRF9Z30		КП944	Можно включить несколько транзисторов параллельно
LM2917			Микросхема электронного тахометра
LM34DZ			Микросхема датчика температуры
MAX8214			Микросхема содержит 5 компараторов с частично объединенными входами и источник опорного напряжения
TIP125	КТ853, КТ8115		

ГЛАВА 12

СХЕМЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

УДОБНЫЙ ЗВУКОВОЙ СИГНАЛИЗАТОР

Если зажигание включено, а стояночные огни – в любом режиме, то напряжение на неинвертирующем входе микросхемы U1 равно 8 В, а на инвертирующем – либо 0 В, либо 4 В. При этом уровень на выводе 6 микросхемы IC1 высокий, и зуммер молчит. Если зажигание выключено, но включены стояночные огни, то напряжение на неинвертирующем входе составит около 0 В, а на инвертирующем входе – около 4 В. При этом уровень напряжения на выводе 6 микросхемы IC1 низкий, и зуммер непрерывно гудит. При включенном зажигании, работающих сигналах поворота и любом режиме стояночных огней напряжение на неинвертирующем входе будет около 8 В, а на инвертирующем входе появятся импульсы амплитудой около 12 В. Зуммер будет звучать в такт с сигналами поворота.

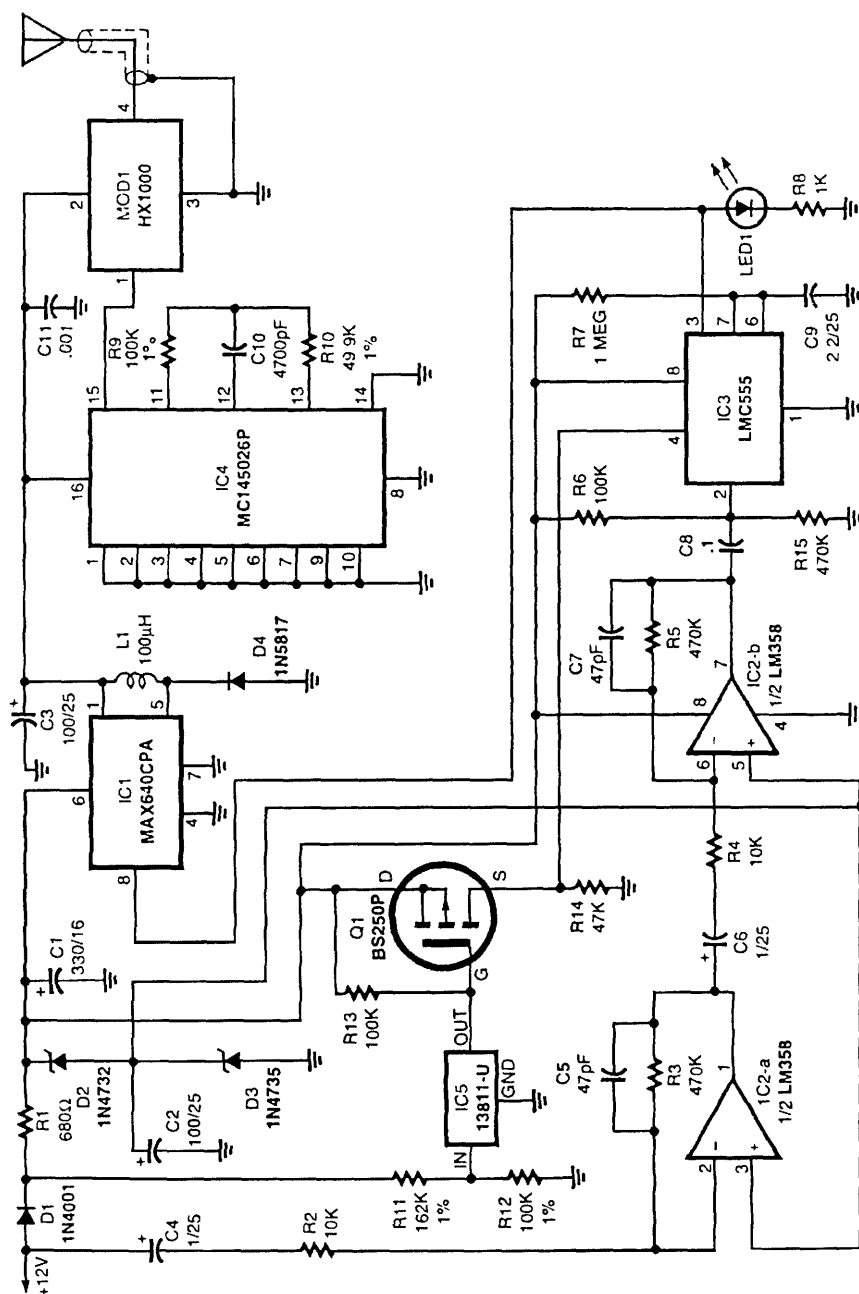


Popular Electronics

Рис. 12.1

ПЕРЕДАТЧИК «АВТОСТОРОЖА»

Схема питается от автомобильного аккумулятора 12 В. Два стабилитрона D2 и D3 образуют источники стабильного напряжения на 10,9 и 6,2 В. Интегральная схема IC2 содержит пару идентичных операционных усилителей, включенных последовательно. Инвертирующий вход IC2-а по переменному току подключен к шине 12 В, так что он может реагировать на резкие скачки напряжения бортовой сети, вызываемые зажиганием ламп в салоне автомобиля при открывании дверей. Изменение напряжения бортовой сети на 3 мВ приведет на выходе IC2-б к перепаду напряжения величиной до 6 В, которого вполне достаточно для запуска микросхемы IC3 – КМОП разновидности таймера 555 (он включен как

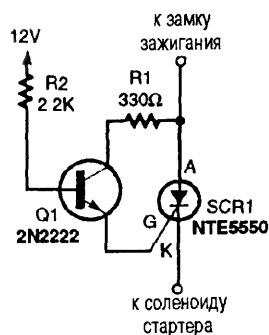


одновибратор). Выходной импульс длительностью около $2(fr1/2)$ формируется на выводе 3 микросхемы IC3 по сигналу от IC2-b. Выходной сигнал IC3 подается на вход разрешения понижающего импульсного стабилизатора IC1. Если работа IC1 разрешена, то на его выходе появляется постоянное напряжение 3,3 В, используемое для питания блока передатчика устройства (он состоит из микросхемы шифратора IC4 и передающего модуля MOD1). Когда на IC4 подается напряжение питания, то формируется последовательность импульсов, содержащая адрес шифратора. Эта последовательность поступает на вывод 1 гибридного модуля, который генерирует высокочастотный радиосигнал с амплитудной импульсной модуляцией, иногда называемой амплитудной манипуляцией. Когда формируемый микросхемой IC3 импульс длительностью 2,5 с заканчивается, передатчик выключается, переходя в состояние ожидания.

Чтобы предотвратить случайное включение передатчика при движении автомобиля, используется специальный детектор на микросхеме IC5 совместно с делителем на резисторах R11 и R12. Детектор фиксирует возрастание напряжения бортовой сети выше уровня 12 В, то есть при работе генератора от двигателя и на соответствующих оборотах. В таком случае у микросхемы IC5 выходной транзистор с открытым коллектором закрыт; соответственно закрыт и МОП транзистор Q1. При этом вывод сброса микросхемы IC3 удерживается на низком уровне, и таймер не срабатывает ни на один импульс запуска от усилителя. Следовательно, не может включиться и передатчик. Гибридный модуль передатчика MOD1 типа HX1000 выполнен в корпусе с четырьмя выводами и содержит ВЧ генератор, стабилизированный резонатором на поверхностных акустических волнах. Частота генерации составляет 433,92 МГц, определяется и стабилизируется резонансными свойствами встроенных фильтров на поверхностных акустических волнах, которые также фильтруют нежелательные паразитные гармоники и сигналы. Гибридный модуль способен отдавать на выходе мощность около 1 мВт (0 дВт) на нагрузке 50 Ом. Он подключен к передающей антенне через коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом.

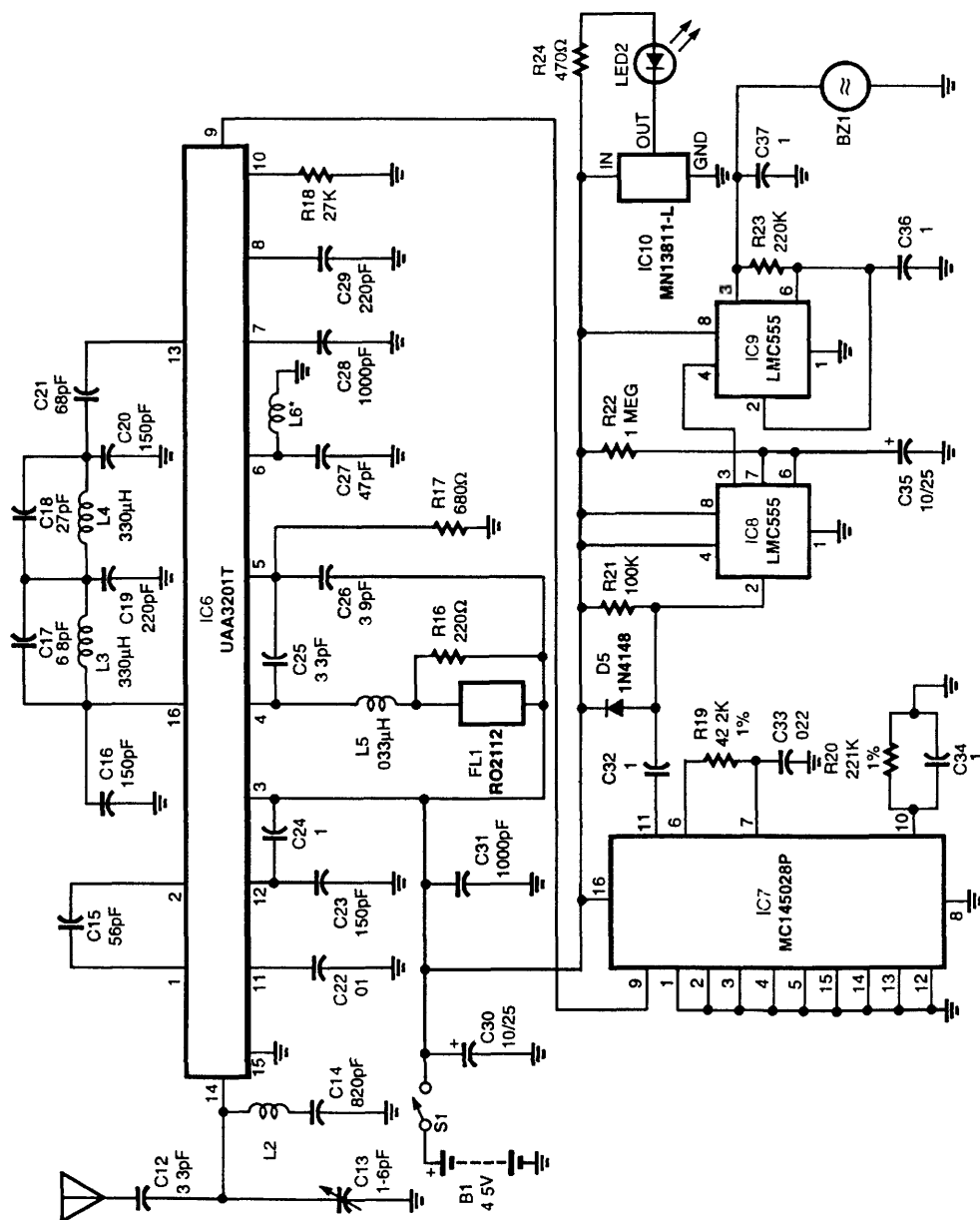
ОТСЕКАТЕЛЬ СТАРТЕРА

В данной схеме отсекаателя автомобильного стартера требуется соблюсти два условия для пуска двигателя машины: транзистор Q1 должен быть открыт, а ключ зажигания повернут в положение запуска. Когда Q1 находится в открытом состоянии, через управляющий электрод тиристора течет ток, удерживающий тиристор включенным (при условии, что ключ зажигания тоже повернут в положение запуска). Транзистор Q1 может быть открыт подачей на резистор R2 напряжения 12 В от дополнительного выключателя или уже существующих выключателей. В этом качестве можно использовать контакторы тормозного сигнала, сигнала поворота, стояночных огней или любые другие, которые большинство автомобилистов при запуске двигателя не включают. В случае использования



Popular
Electronics

Рис. 12.3



включает светодиод LED2 в том случае, когда общее напряжение комплекта батарей падает до уровня меньше 3 В. Этот световой сигнал предупреждает пользователя о необходимости замены батарей.

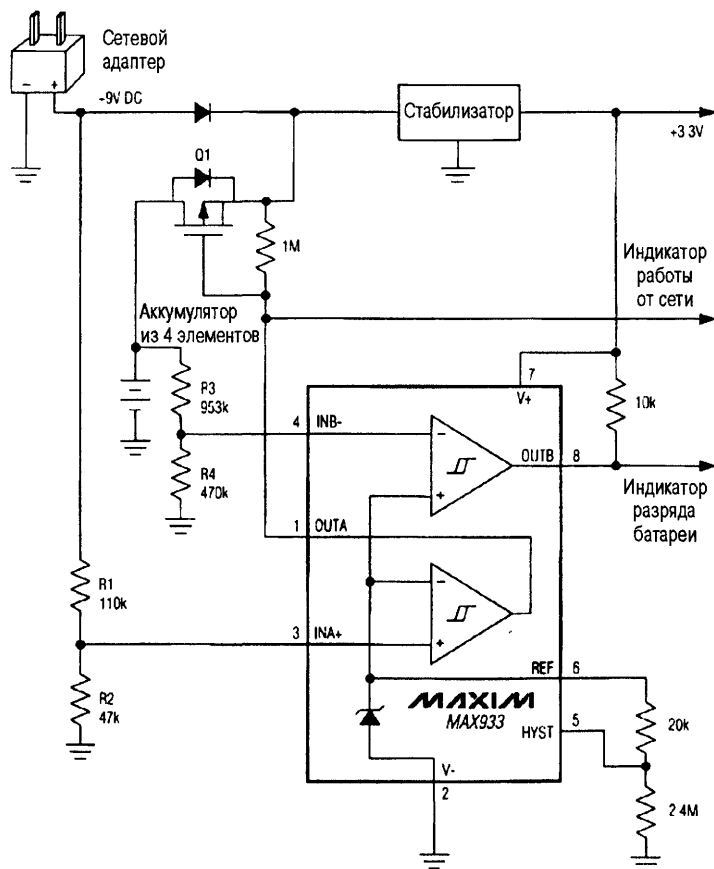
Аналоги и возможные замены

<i>Тип</i>	<i>Аналог</i>	<i>Возможная замена</i>	<i>Примечания</i>
1N4732		KC133	
1N4735		KC147	
BS250P		KП944	
LM3909			Микросхема для управления светодиодами
MAX640CPA			Импульсный стабилизированный понижающий преобразователь
MC145026P			Микросхема кодера
MC145028P			Микросхема декодера
MN13811-U			Пороговый элемент – датчик уровня напряжения
NTE5550		T122-25-1	Тиристор на ток 25 А и напряжение большее 50 В
UAA3201T			Микросхема приемника

ГЛАВА 13

СХЕМЫ РЕЗЕРВНОГО ПИТАНИЯ И КОММУТАТОРОВ БАТАРЕЙ

СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕЗЕРВНЫМ ПИТАНИЕМ НА ОДНОЙ МИКРОСХЕМЕ



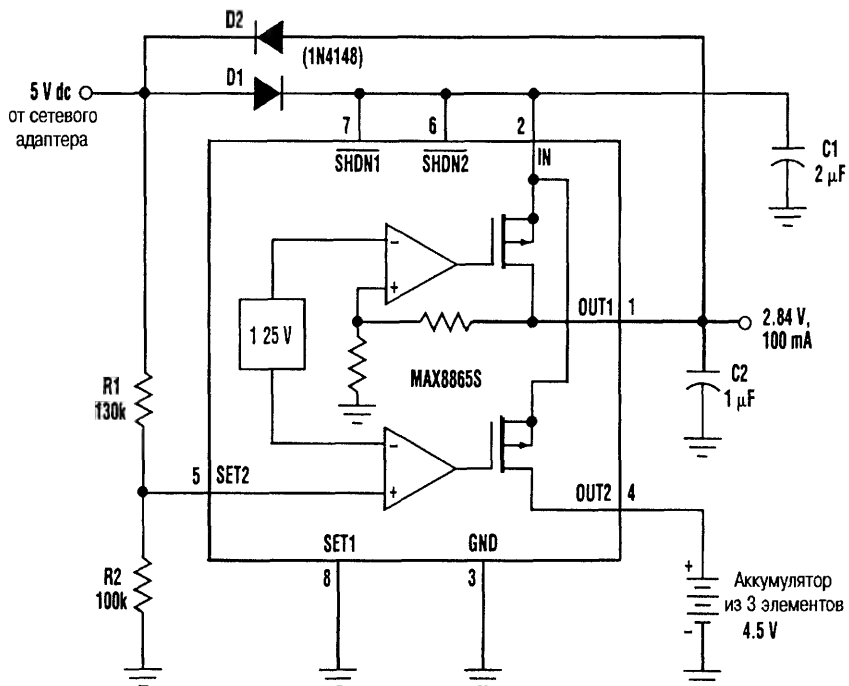
Приборы, работающие как от сетевого адаптера, так и от резервной батареи, обычно снабжены блоком коммутации питания, собранным по схеме диодного ИЛИ, через который напряжение поступает на прибор. Но такой способ коммутации имеет очень серьезный недостаток: диод, включенный последовательно с батареей, ограничивает минимальное напряжение, при котором батарея еще может отдавать мощность в нагрузку. Эту проблему можно решить, применив микросхему, содержащую два компаратора и источник опорного напряжения, которая будет отслеживать состояние батареи и сетевого адаптера, сравнивая их выходные напряжения с собственным опорным. Открытый сток на выходе компаратора В (с резистором привязки к шине питания +3,3 В) выдает предупреждение о разряде батарей, переключаясь из состояния лог. 0 в состояние лог. 1, когда напряжение батареи падает до 3,6 В. Открытый сток на выходе компаратора А (с резистором привязки к шине питания 9 В) сигнализирует о низком напряжении сетевого адаптера аналогичным образом, с порогом срабатывания на уровне 3,9 В. Компаратор А также управляет р-канальным МОП транзистором, который заменяет диод в схеме диодного ИЛИ. Когда напряжение сетевого адаптера снято, МОП транзистор включается, и ток течет от батареи к стабилизатору через малое сопротивление, а не через диод

СИСТЕМА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПИТАНИЯ ДЛЯ НИЗКОВОЛЬТНЫХ УСТРОЙСТВ

Портативные приборы могут работать как от встроенных батарей, так и от сети. Многие такие устройства снабжены системами, которые автоматически переключают питание с батарейного на сетевое и обратно, когда пользователь подключает или отключает сетевой адаптер. Приведенная схема воплощает эту идею с помощью сдвоенного линейного стабилизатора, один блок которого предварительно настроен на выходное напряжение 2,84 В (в других исполнениях – на 2,80 или 3,15 В). Второй блок – это стабилизатор, выходные параметры которого определяются внешними элементами, но в данном устройстве он использован для контроля за состоянием сетевого адаптера. При отключении адаптера от сети напряжение на входе схемы пропадает; через регулирующий транзистор второго стабилизатора к микросхеме подключается батарея, и выходное напряжение поддерживается на уровне 2,84 В (направление тока в этом транзисторе противоположно тому, которое присутствует в стандартном включении таких транзисторов). Сглаживающий конденсатор С1 во входной цепи обеспечивает достаточное время блокировки для плавного переключения от адаптера к батарее. Резисторы R1 и R2 в цепи адаптера определяют порог срабатывания V_{sw} .

$$V_{sw} = V_{SET} \times [(R1 + R2) / R2] = 1,25 \text{ В} \times [(130 \text{ кОм} + 100 \text{ кОм}) / 100 \text{ кОм}] = 2,875 \text{ В}$$

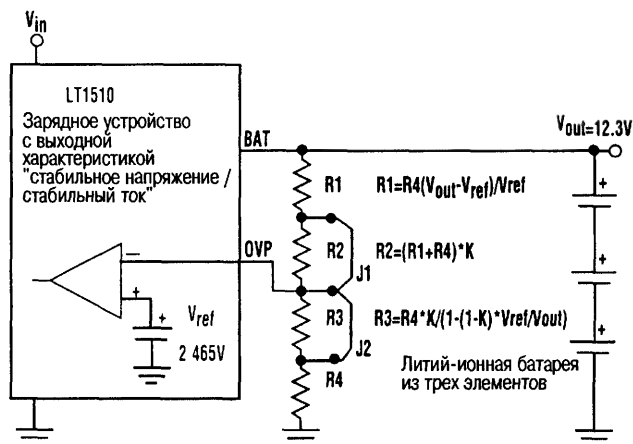
Диод D1 изолирует цепь сетевого адаптера от остальной схемы, так что переключение на питание от батареи не вызывает релаксации в схеме переключателя. С помощью диода D2 на вход SET2 микросхемы подано напряжение минимального уровня, чтобы внутренняя логика управления включила второй стабилизатор в режим с внешним делителем. Выходное напряжение сетевого адаптера должно быть больше максимального напряжения батарей.



ГЛАВА 14

СХЕМЫ ЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

ПРЕЦИЗИОННОЕ ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АККУМУЛЯТОРОВ



Electronic Design

Рис. 14.1

Воспользовавшись данным рисунком, вы сможете обойтись без дорогих прецизионных резисторов 0,25% в зарядных устройствах для аккумуляторных батарей. В предлагаемой схеме, собранной на резисторах с допуском 1%, добавлены еще два резистора и две перемычки.

При заряде литий-ионных элементов методом стабильного напряжения оно должно составлять $4,1\text{ В} \pm 50\text{ мВ}$. Получить точность в 1,2% очень непросто. В петле обратной связи, где напряжение на выходе резистивного делителя сравнивается с опорным, такая точность обычно достигается выбором источника опорного напряжения с допуском 0,7% и делителя на резисторах с допуском 0,25%. К сожалению, такие резисторы относятся к прецизионным и стоят вдвое дороже, чем обычные (с допуском 1%), а кроме того, их не так легко найти. У этой проблемы есть красивое решение при малых и средних объемах производства: в схему зарядного устройства надо добавить еще два резистора с допуском 1% и две перемычки (см. рис. 14.1). Перемычки при необходимости удаляют, устанавливая

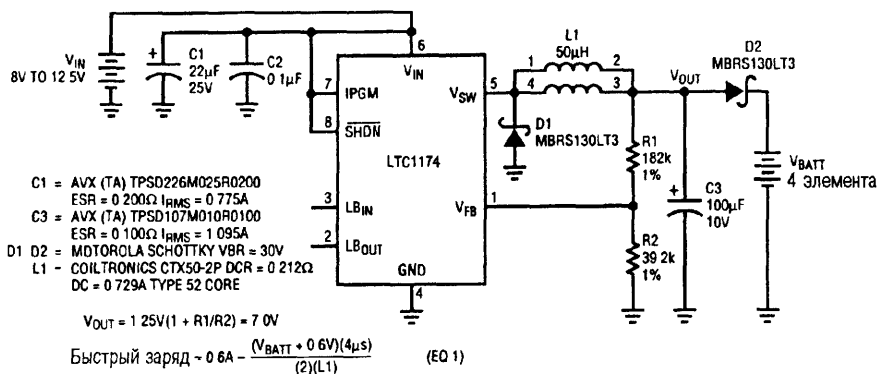
уровень выходного напряжения в пределах требуемой точности в 1,2%. На рисунке представлена схема зарядного устройства на микросхеме LT1510. Аккумулятор содержит три литиевых элемента. После выбора номинала резистора R4 номиналы резисторов R1, R2 и R3 могут быть рассчитаны по приведенным ниже формулам. Константа K есть относительное изменение, требуемое для подстройки схемы в наихудшем случае (все отклонения имеют один знак). Так, в случае источника опорного напряжения с допуском 0,5% и двух резисторов с допуском 1% максимальное отклонение составит 2,5%. Для его уменьшения до допустимых 1,2% надо скомпенсировать оставшиеся 1,3%; то есть $K = 0,013$. Перемычки (J1 и J2) следует удалять по следующим правилам:

- если V_{OUT} на K/2 меньше номинала, удалить J1;
- если V_{OUT} на K/2 больше номинала, удалить J2.

Для выбранного примера были рассчитаны следующие номиналы: $R1 = 4,99 \text{ кОм}$, $R2 = 324 \text{ Ом}$, $R3 = 80,6 \text{ Ом}$ и $R4 = 20 \text{ кОм}$. Уровень, при котором необходимо удалить J1, составляет $12,34 \text{ В} - 1,3\% / 2 = 12,22 \text{ В}$. Если же напряжение выше $12,34 \text{ В} + 1,3\% / 2 = 12,42 \text{ В}$, то изымают J2.

ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО НА ТОК 300 мА ДЛЯ АККУМУЛЯТОРОВ

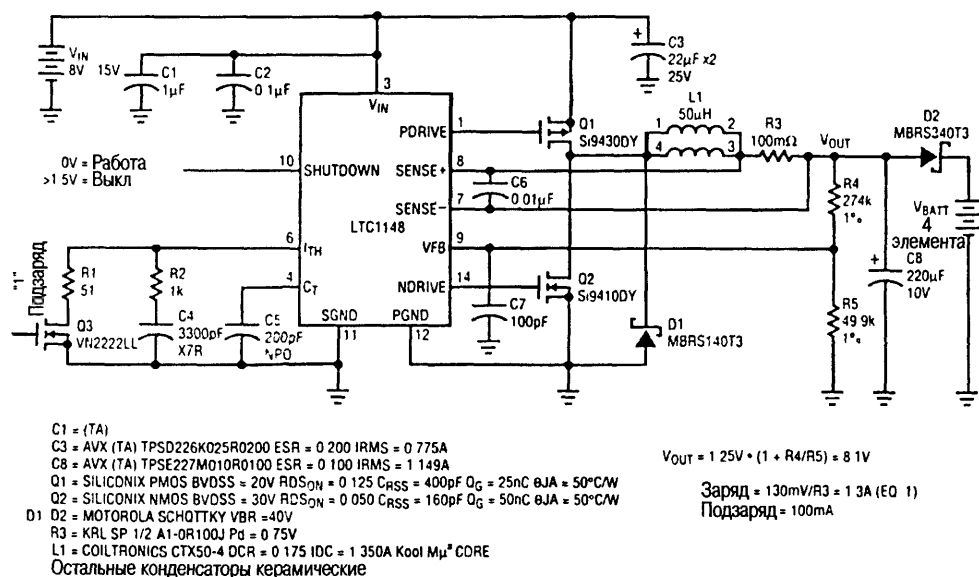
Схема слаботочного зарядного устройства требуется, в частности, для миниатюрных компьютеров различных типов и систем. В таком случае зарядное устройство должно собираться только на элементах, предназначенных для поверхностного монтажа, и занимать на печатной плате минимальную площадь. Показанная на рисунке схема, использующая LTC1174, удовлетворяет обоим требованиям. Микросхема LTC1174 – это стабилизированный понижающий импульсный преобразователь напряжения, работающий в токовом режиме. Силовым ключом является встроенный мощный МОП транзистор с каналом p-типа и с малыми потерями. В данной схеме задан ток заряда 600 мА. Средний зарядный ток зависит от индуктивности дросселя и рабочего напряжения аккумуляторной батареи, согласно приведенной на рисунке формуле. Номиналы резисторов делителя в цепи обратной связи по напряжению соответствуют выходному уровню в 7 В. Для никель-кадмиевых элементов номинал составляет 1,2 В, при разряде – 0,9 В, а при полном заряде – 1,5 В. Следовательно, на батарее из четырех никель-кадмиевых аккумуляторных элементов может быть от 3,6 до 6 В, в зависимости от степени заряда или разряда. Когда такая батарея подключается к зарядному устройству, его выходное напряжение падает ниже 7 В, и микросхема LTC1174 переходит в режим ограничения тока на уровне около 300 мА, если индуктивность дросселя равна 50 мкГн, согласно приведенной формуле. Диод D2 предохраняет батарею от разряда через цепь делителя, когда зарядное устройство выключается при подаче сигнала низкого уровня на вывод SHUTDOWN. В выключенном состоянии собственный ток потребления зарядного устройства от источника питания составляет менее 10 мкА.



Linear Technology Power Solutions

Рис. 14.2

ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО С КПД 90% ДЛЯ НИКЕЛЬ-КАДМИЕВЫХ БАТАРЕЙ



Linear Technology Power Solutions

Рис. 14.3

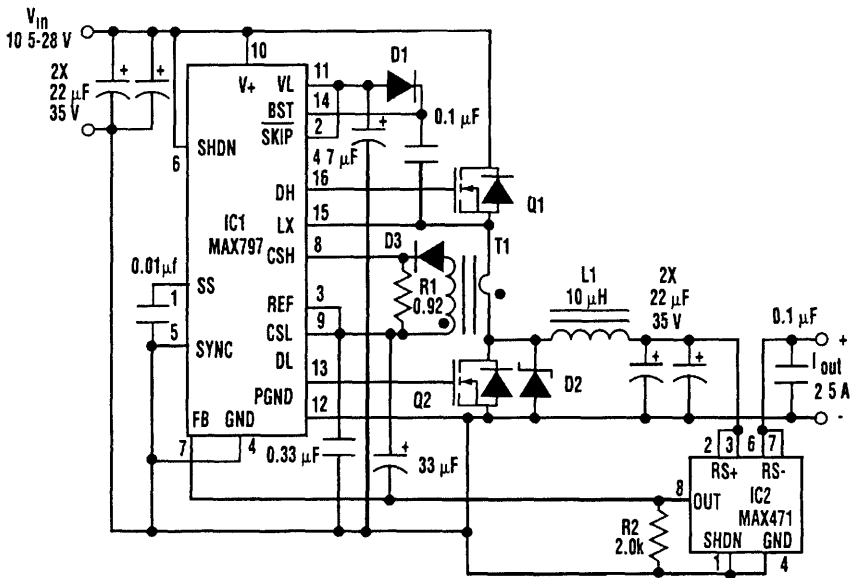
Встраиваемое зарядное устройство для аккумуляторных батарей должно иметь особенно низкие потери мощности, так как необходимо свести к минимуму выделение тепла в компактных портативных системах. На рисунке приведена схема устройства, которое может заряжать аккумуляторную батарею из четырех никель-кадмиевых элементов и работать в режиме быстрого заряда током 1,3 А или в режиме компенсационного подзаряда током 100 мА, имея при этом эффективность

преобразования до 90%. Микросхема LTC1148 – это стабилизированный понижающий импульсный преобразователь напряжения. Она же управляет и режимом заряда, отслеживая уровень выходного тока при помощи внешнего шунта на резисторе R3. Ток в режиме быстрого заряда определяется сопротивлением резистора R3 (согласно приведенной на рисунке формуле для быстрого заряда) и в данном случае выбран равным 1,3 А. Делитель цепи обратной связи на резисторах R4 и R5 определяет уровень выходного напряжения 8,1 В на холостом ходу, когда аккумуляторная батарея отключена. На батарее из четырех никель-кадмиевых элементов напряжение может быть от 3,6 до 6 В, в зависимости от степени заряда. При подключении аккумулятора напряжение на выходе устройства станет меньше 8,1 В, и микросхема LTC1148 начнет работать в режиме с ограничением выходного тока на уровне 1,3 А. Стабильный ток такой величины будет подаваться до тех пор, пока внешний контроллер окончания заряда не выдаст команду на переключение в режим компенсационного заряда или же просто будет убрана заряженная батарея. Транзистор Q3 включает режим компенсационного заряда, причем ток определяется сопротивлением резистора R1. Диод D2 предохраняет батарею от разряда через цепь делителя обратной связи, когда микросхема LTC1148 выключена.

ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АККУМУЛЯТОРОВ

Этот источник тока для заряда батарей способен выдать до 2,5 А при эффективности преобразования до 96%. Он может работать от сетевого адаптера или от автомобильной батареи. Устройство не влияет на сопротивление массы автомобильного электрооборудования, поскольку ток заряда измеряется в положительной шине. Зарядное устройство работает с аккумуляторными батареями, содержащими от 5 до 15 элементов; при этом его входное напряжение может составлять от 28 В до уровня, который всего на 1,5 В больше, чем напряжение на полюсах полностью заряженной батареи. Зарядный ток генерируется с помощью микросхемы IC1, контроллера стабилизированного понижающего импульсного преобразователя напряжения с токовым режимом работы, работающего с внешним силовым ключом (транзистор Q1) и синхронным выпрямителем (транзистор Q2). Оба МОП транзистора имеют каналы n-типа, и их малое сопротивление канала (существенно меньшее, чем у транзисторов с каналом p-типа) обеспечивает высокую эффективность преобразования схемы. В микросхеме предусмотрена цепь вольтодобавки для получения положительного напряжения, которое требуется для управления затвором транзистора Q1. Она также контролирует ток через транзистор Q1 (с помощью R1) и выключает его, если этот ток становится больше установленного предела.

Токовый трансформатор T1 снижает потери мощности, подавая на резистор R1 лишь часть тока транзистора Q1. В положительную выходную шину включена микросхема IC2 – усилитель-датчик тока. На его выход ответвляется 1/2000 часть тока внутреннего шунта (от вывода RS+ к выводу RS–); при этом на резисторе R2 выделяется напряжение обратной связи для микросхемы IC1. Цифровое управление током заряда можно ввести, подключая вместо резистора R2 нужные резисторы



Electronic Design

Рис. 14.4

с помощью МОП транзисторов типа 2N7002. Их сопротивление канала в 7,5 Ом мало влияет на параметры схемы, поскольку ток канала не превышает 1,25 мА, что соответствует погрешности установки выходного тока меньшей 0,5%. Эффективность преобразования схемы доходит до 96%. Эффективность и выходная мощность растут с увеличением выходного напряжения, поскольку потребление самой схемы (в основном за счет микросхемы IC1 и силовых МОП транзисторов) практически постоянно. Напряжение на выходе понижающего стабилизатора не может превышать V_{IN} , поэтому защита от перегрузок не предусмотрена. Напряжение V_{OUT} , от которого питается микросхема IC2, не должно быть меньше 4 В.

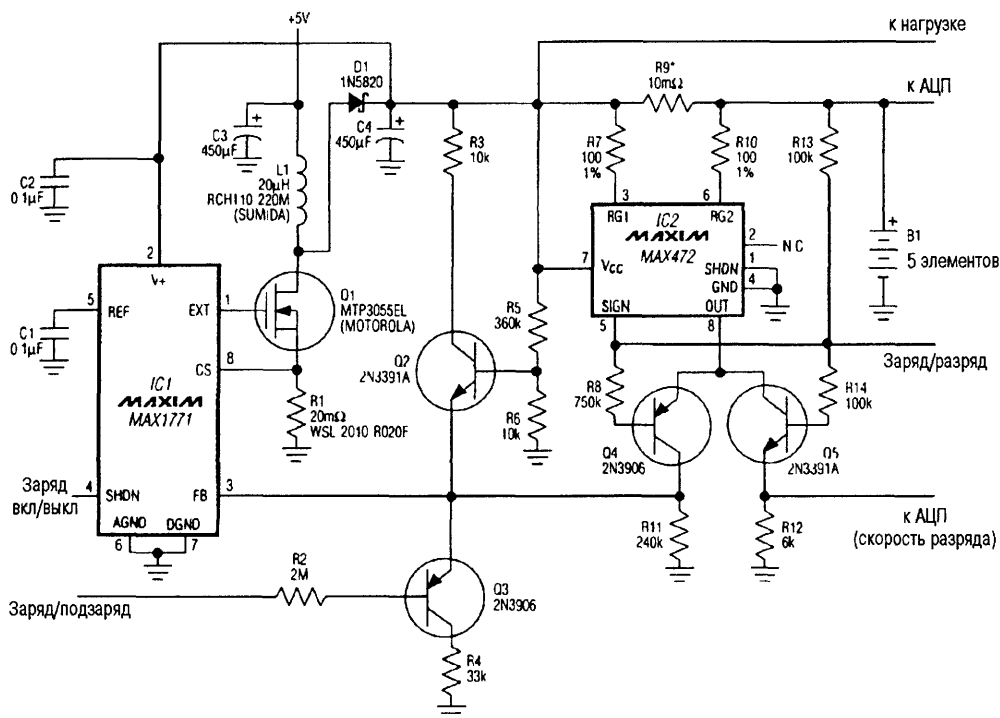
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДЗАРЯДА БАТАРЕЙ

Схема собрана на регулируемом стабилизаторе напряжения LM317T. Его выходное напряжение V_{OUT} определяется по формуле $V_{OUT} = 1,25 \times (1 + R2/R1)$. Сопротивление резистора R1 выбрано равным 10 кОм, а резистора R2 – 100 кОм, малый ток через эти резисторы (около 125 мкА) обуславливает небольшие потери. Выходное напряжение устройства составляет 13,75 В. Резистор R3 и диод защищают устройство от повреждения при коротком замыкании на выходе или при переполусовке заряжаемой батареи, а также предупреждают разряд батареи в случае отключения стабилизатора от основного источника питания. Конденсатор C1 можно не устанавливать, но он обеспечивает устойчивость режима микросхемы при экстремальном зарядном цикле. С соответствующим теплоотводом устройство выдает ток до 1,5 А. Оно может быть постоянно подключено к аккумуляторной батарее, и перезаряда не случится.

микросхеме MAX713 выключит режим быстрого заряда, или же при низком напряжении батареи в начале цикла заряда.

ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО С ПОВЫШАЮЩИМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

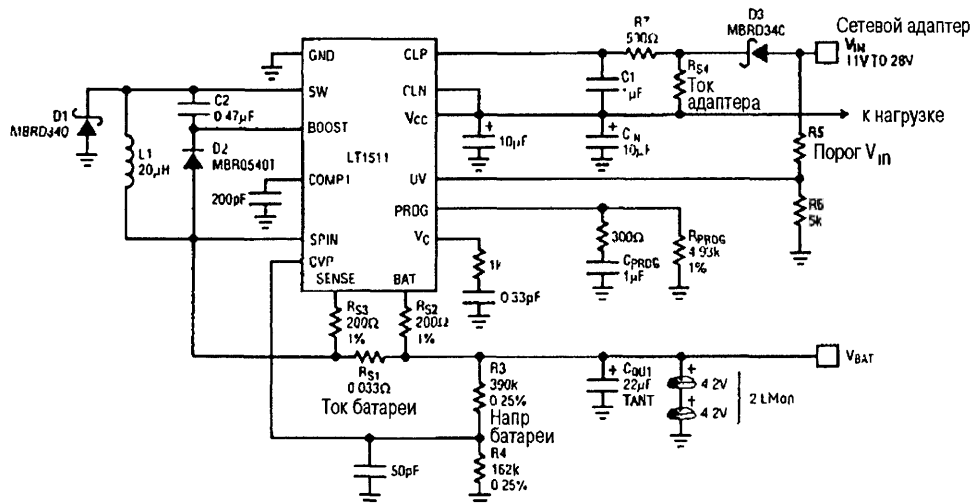
На микросхеме IC1 собран импульсный повышающий стабилизированный преобразователь напряжения, который увеличивает напряжение V_m (номинально 5 В) до уровня, необходимого для поддержания соответствующих тока заряда и тока нагрузки. Источник питания 5 В должен быть снабжен схемой защиты от короткого замыкания. IC2 – усилитель-датчик тока положительной шины, который отслеживает ток заряда. Процессор может выдавать устройству команды **ЗАРЯД ВКЛ./ВЫКЛ.** и **БЫСТРЫЙ/КОМПЕНСАЦИОННЫЙ ЗАРЯД**. Микросхема IC2 формирует выходной ток (вывод OUT) равный 10^4 от тока через датчик на резисторе R9. Транзисторы Q3 и Q4 в режиме быстрого заряда включены, так что выходной ток микросхемы IC2 течет через параллельное соединение резисторов R11 и R4 (если не учитывать ток базы транзистора Q3). В результате сигнал обратной связи, поступающий на микросхему IC1 (вывод 3), поддерживает ток быстрого заряда, протекающий через R9, на уровне 500 мА. Эта обратная связь также позволяет стабилизатору выдавать ток до 500 мА в дополнительную нагрузку помимо стабильного тока заряда равного 500 мА. Транзистор Q2 ограничивает напряжение на батарее на уровне 10 В (по 2 В на элемент). В режиме быстрого заряда внешний процессор и многоканальный аналого-цифровой преобразователь отслеживают напряжение на клеммах батареи. Когда с помощью АЦП определяется изменение скорости нарастания напряжения на батарее, процессор выключает режим быстрого заряда, подавая высокий уровень на линию **БЫСТРЫЙ/КОМПЕНСАЦИОННЫЙ ЗАРЯД**. Транзистор Q3 выключается, вызывая увеличение напряжения на выводе обратной связи (FB), что приводит к уменьшению тока заряда до уровня тока компенсационного заряда (примерно 60 мА). Если микросхема IC1 выключается или суммарный ток нагрузки и заряда превышает допустимый для IC1 уровень, направление тока резистора R9 изменяется на противоположное, поскольку ток начинает течь от батареи. Микросхема IC2 отрабатывает изменение направления тока изменением состояния на выходе с открытым коллектором SIGN, на котором за счет резистора R13 появляется напряжение высокого уровня, выключая транзистор Q4 и включая транзистор Q5. В таком случае ток через резистор R12 создает напряжение, пропорциональное току разряда батареи (ток 5 А через R9 вызывает появление на резисторе R12 напряжения равного 3 В). Интегрируя это напряжение по времени (измеряя его через фиксированные промежутки и умножая на длительность интервала), аналого-цифровой процессор отслеживает энергию, потребленную от батареи. По полученным данным и по замерам напряжения на батарее процессор может затем вновь включить режим быстрого заряда установкой низкого уровня на линии **БЫСТРЫЙ/КОМПЕНСАЦИОННЫЙ ЗАРЯД** вплоть до того момента, когда батарея полностью выработает свой ресурс.



Maxim Engineering Journal

Рис. 14.7

ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ И НИКЕЛЬ-КАДМИЕВЫХ БАТАРЕЙ

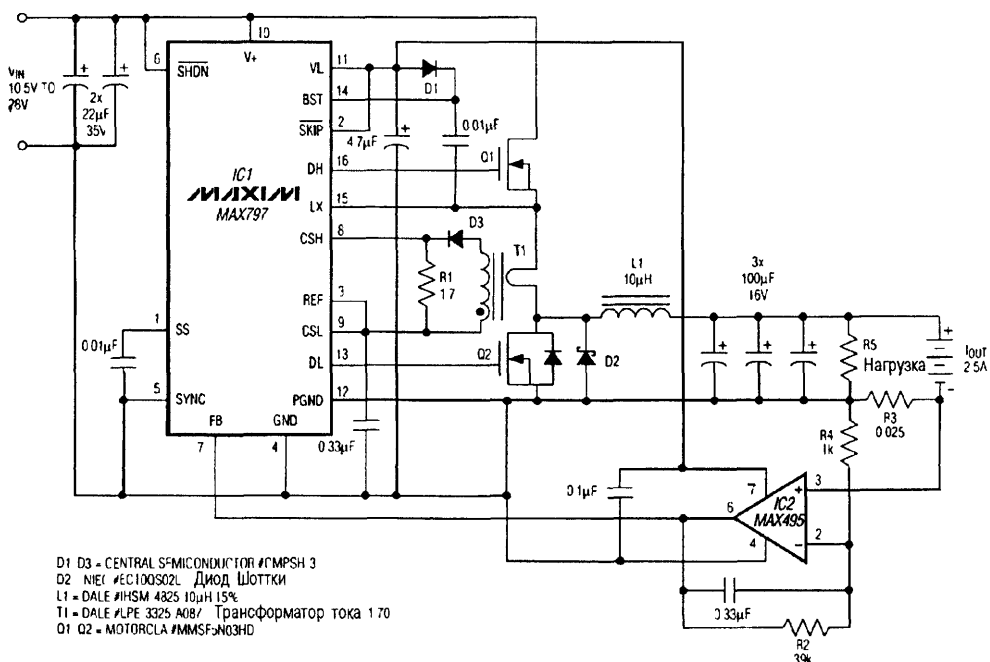


Linear Technology

Рис. 14.8

Источник тока на базе высокоэффективного импульсного преобразователя LT1511 разработан с целью применения в зарядных устройствах для аккумуляторов портативной аппаратуры. Зарядное устройство на LT1511 имеет выходную характеристику «стабильное напряжение/стабильный ток», необходимую для заряда литий-ионных батарей. Им можно заряжать и никель-кадмиевые, и никель-металлгидридные (NiMH) батареи, но при использовании внешней цепи функции окончания заряда. Максимальный ток заряда может программироваться как резисторами, так и с помощью ЦАП. Цепь контроля входного тока в LT1511 позволяет одновременно использовать аппаратуру и подзаряжать батареи, не перегружая сетевой адаптер. В таком случае ток заряда автоматически понижается, чтобы поддерживать ток сетевого адаптера на номинальном уровне.

ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ НИКЕЛЬ-КАДМИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ



Maxim Engineering Journal

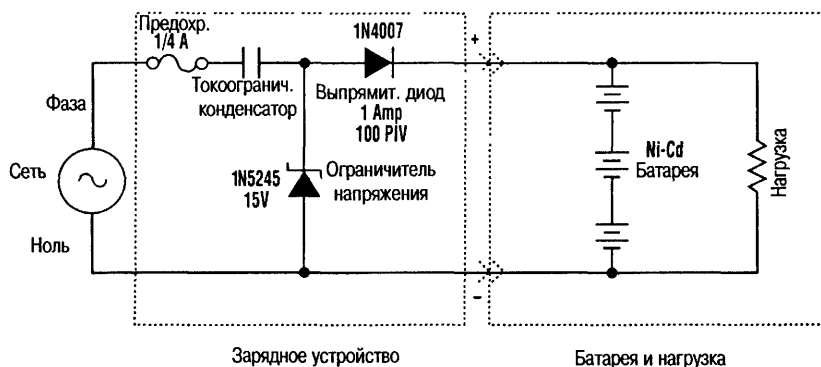
Рис. 14.9

Трансформатор T1 с отводом от середины вторичной обмотки, двумя выпрямительными диодами (D1 и D2) и конденсатором C1 обеспечивает первичное напряжение питания постоянного тока от сети переменного тока 230 В. Мощный МОП транзистор TR3 включен в активном режиме, так как через резистор R3 на его затвор подано положительное напряжение смещения. Ток, текущий через нагрузку, вызывает появление напряжения на токозадающем резисторе R4. Когда

оно достигает 0,5 В, транзистор TR2 начинает открываться, уменьшая напряжение на затворе (g) транзистора TR3. В установившемся режиме ток нагрузки будет такой величины, при которой напряжение на резисторе R4 равно 0,5 В. Стабилитрон D4 защищает цепь затвора МОП транзистора TR3 от появления на ней полного напряжения питания (это происходит, если схема включается без нагрузки, то есть в тех случаях, когда аккумулятор отключен). Диод D6 компенсирует падение на эмиттерном переходе транзистора TR1, так что напряжение на резисторе R4 повторяется на резисторе R1, определяющем ток светодиода D3. Таким образом, уровень яркости светодиода D3 зависит от величины тока заряда, поэтому пользователь сразу обнаруживает любые дефекты заряжаемых элементов. Диод D5 предотвращает возможность «обратного питания» цепей зарядного устройства в тех случаях, когда оно отключено от сети, но аккумуляторы остаются подключенными.

ПРОСТОЕ ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО

Это зарядное устройство для малогабаритных никель-кадмиевых аккумуляторных батарей собрано всего из четырех деталей и может использоваться как компактный дорожный прибор или как простейшее устройство для поддержания заряда батареи. Оно настолько мало, что его легко смонтировать в пластмассовой круглой коробке от 35-миллиметровой фотопленки.



Electronic Design

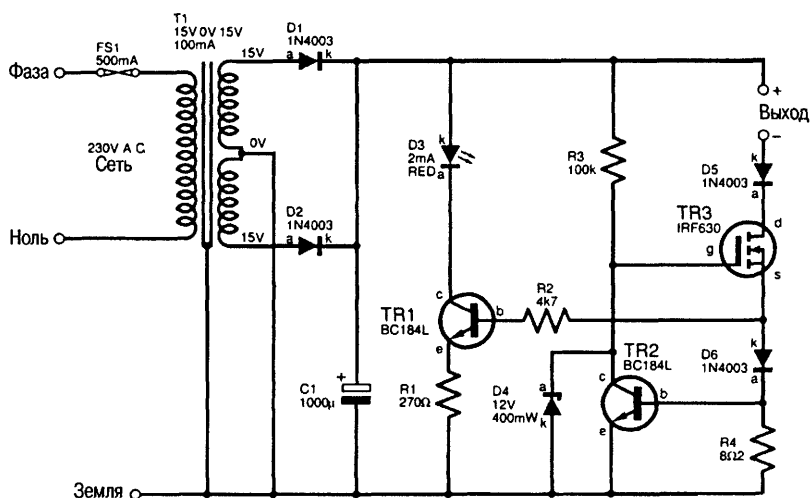
Рис. 14.10

Предупреждение. Схема не изолирована от сети и представляет опасность поражения электрическим током при неосторожном контакте с токоведущими частями как самого устройства, так и питаемого от него прибора.

ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО С ТАЙМЕРОМ ДЛЯ НИКЕЛЬ-КАДМИЕВЫХ БАТАРЕЙ

Напряжение сети 230 В поступает на первичную обмотку трансформатора T1, и через его вторичную обмотку, выпрямительные диоды D1 и D2 на сглаживающем конденсаторе C2 получается напряжение питания схемы. На блок выдержки

ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО НА ТОК 2,5 А



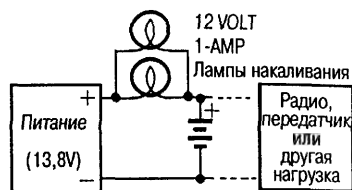
Everyday Practical Electronics

Рис. 14.12

Зарядные устройства для аккумуляторных батарей обычно разрабатываются без учета эффективности преобразования, однако в таком случае рассеиваемое ими тепло может создать определенные проблемы. Показанное на рисунке устройство дает ток заряда до 2,5 А при эффективности преобразования, достигающей 96%. Таким образом, при питании от автомобильного аккумулятора можно заряжать аккумуляторные батареи, содержащие от одного до шести элементов. Микросхема IC1 представляет собой импульсный стабилизированный понижающий преобразователь, который работает и с внешним мощным электронным ключом на транзисторе Q1, и с синхронным выпрямителем. В схеме применена цепь вольтдобавки для получения источника плавающего положительного напряжения, который необходим для управления затвором транзистора Q1. При протекании тока заряда на резисторе R3 сопротивлением 25 мОм появляется напряжение, которое усиливается операционным усилителем, а его выходной сигнал положительной полярности подается на соответствующий вход IC1 в качестве напряжения обратной связи. При такой обратной связи микросхема стабилизирует ток заряда на уровне 2,5 А. Одновременно с режимом заряда схема может служить источником питания для отдельной нагрузки, параметры которой определяются резисторным датчиком тока R1 и токовым трансформатором T1, повышающим эффективность преобразования схемы за счет снижения мощности, рассеиваемой на резисторе R1. При выбранном соотношении числа витков (1:70) в обмотках трансформатора T1 через резистор R1 протекает только 1/70 суммарного тока батареи и дополнительной нагрузки. При этом на резисторе появляется напряжение обратной связи, которое позволяет микросхеме IC1 ограничивать общий ток уровнем, не превышающим предельно допустимый для внешних элементов.

СХЕМА НЕПРЕРЫВНОГО ПОДЗАРЯДА

Для непрерывного подзаряда свинцово-кислотной аккумуляторной батареи на 12 В требуется только стабилизированный источник питания, отрегулированный точно на 13,8 В. Такой источник питания можно подключить непосредственно к аккумулятору, но безопаснее сделать это через пару соединенных параллельно автомобильных лампочек на 12 В, 1 А. Лампы накаливания служат ограничителями тока; их наличие гарантирует, что в любой ситуации ток в цепи никогда не превысит уровня в 2 А. Для этой цели можно использовать и резисторы, однако лампы накаливания лучше, поскольку их сопротивление меняется в зависимости от протекающего тока, причем в нужном направлении. Это сопротивление почти нулевое при слабом токе, но когда он достигает уровня 1 А для каждой из ламп, они загораются и их сопротивление увеличивается. Таким образом, лампы обеспечивают ограничение, не расходуя энергию на малых токах. Эта схема хороша для питания мощных потребителей, которые работают с перерывами (например, любительские радиопередатчики). Большие токи обеспечиваются батареей, когда это необходимо, а затем источник питания вновь ее подзаряжает.



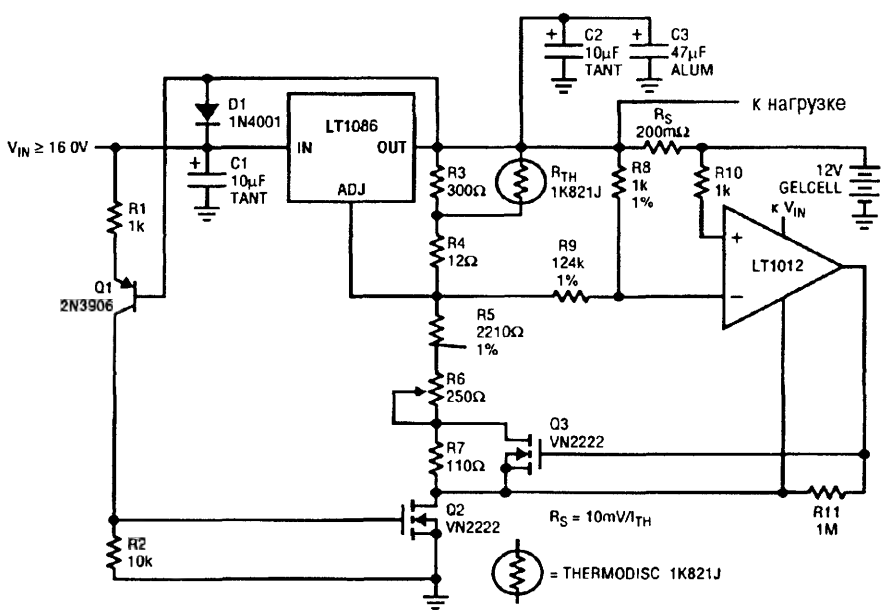
Electronics Now

Рис. 14.13

ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО С ТЕМПЕРАТУРНОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ

Зарядные характеристики свинцово-кислотных аккумуляторов сильно зависят от температуры окружающей среды. Для предотвращения недозаряда или перезаряда аккумуляторов в условиях длительного воздействия низких или высоких температур желательно использовать температурно компенсированные зарядные устройства. Предлагаемая схема собрана на линейном стабилизаторе с малым падением напряжения на регулирующем элементе. Она включает схему температурной компенсации, имеет два режима заряда, «истинную» земляную шину и не потребляет тока в дежурном режиме. Интегральный линейный стабилизатор LT1086 используется для регулирования напряжения заряда и ограничения максимального тока заряда. Если входное напряжение питания отключено, транзисторы Q1 и Q2 выключаются, разрываются все возможные цепи разряда батареи через выход зарядного устройства на «землю», что и обеспечивает нулевой ток потребления в выключенном состоянии. Диод D1 обеспечивает защиту интегрального стабилизатора от обратного тока, если входное напряжение будет меньше напряжения на аккумуляторе или же входные клеммы будут случайно закорочены. Термокомпенсация, используемая в данной схеме, соответствует температурной характеристике свинцово-кислотного гальванического элемента и обеспечивается терморезистором R_{TH} , имеющим торговую марку Tempistor. Параллельно ему включен резистор R3. От изменений температуры

зависит коэффициент передачи резисторного делителя стабилизатора. Обеспечивается точность компенсации лучше ± 50 мВ для батареи 12 В в диапазоне температур от -10 до $+60$ °С. Желательно располагать элемент Tempsistor непосредственно под аккумулятором, который ставится на прямоугольный кусок поролона. Выбор одного из двух режимов заряда выполняется компаратором LT1012, с помощью которого оценивается величина тока заряда по падению напряжения на резисторе-датчике тока R_S . Когда ток превышает величину $10 \text{ мВ}/R_S$, включается режим быстрого заряда, и напряжение составит 14,4 В при 25 °С. Когда зарядный ток ниже этого порога, то напряжение компенсационного заряда будет равным 13,8 В.



Linear Technology Power Solutions

Рис. 14.14

Таблица 14.14

Стабилизированное зарядное устройство с током заряда не менее C/4				
Емкость батареи, А/ч	Микросхема	Максимальный ток заряда, А	Порог тока заряда, мА	Датчик тока (шунт), Ом
< 3	LT1117	0,8	20	0,500
3–6	LT1086	1,5	50	0,200
6–12	LT1085	3,2	100	0,100
12–24	LT1084	5,5	200	0,050
24–48	LT1083	8,0	400	0,025

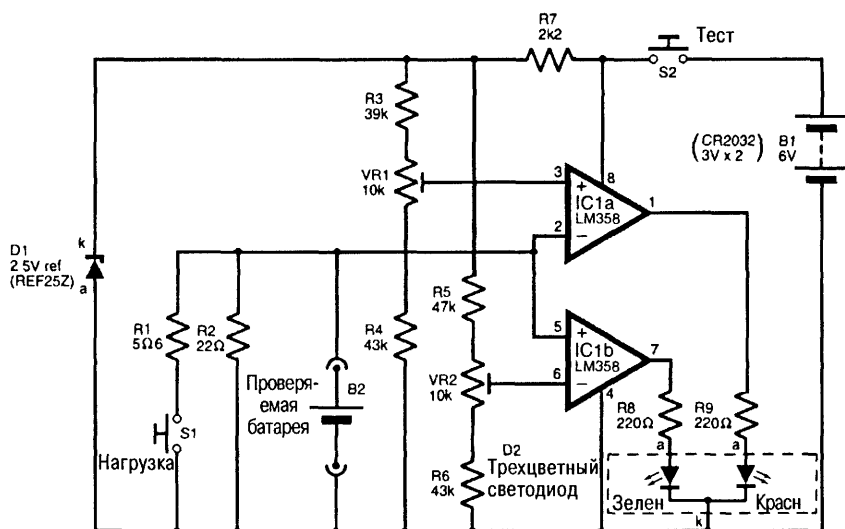
Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
2N3391A		КТ3102	Любые маломощные с большим h_{21e}
BC184L		КТ3102	Любые маломощные с большим h_{21e}
MTP3055EL			Любой мощный п-МОП транзистор с малым U_{gs}
VN2222, VN2222LL			Любой маломощный п-МОП транзистор с малым $r_{ds\ on}$ и малым U_{gs}

ГЛАВА 15

ТЕСТЕРЫ И КОНТРОЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ БАТАРЕЙ

ТРЕХЦВЕТНЫЙ ПРОБНИК ДЛЯ НИКЕЛЬ-КАДМИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ



Everyday Practical Electronics

Рис. 15.1

Эта схема использует двухпороговый компаратор напряжения и двухцветный светодиод. Подстроечными резисторами VR1 и VR2 выставляются соответственно верхний и нижний пороги срабатывания компараторов. Двухцветный светодиод горит зеленым цветом при высоком напряжении (хорошая батарея), желтым – при промежуточном и красным – при низком (некачественная или разряженная батарея). Схема может быть откалибрована на другие напряжения и использоваться как индикатор напряжения в самых разных областях.

СВЕТОДИОДНЫЙ ПРОБНИК ДЛЯ АККУМУЛЯТОРОВ 12-ВОЛЬТОВЫХ СИСТЕМ

Этот монитор полезен автомобилистам и особенно радиолюбителям, использующим для питания своего оборудования автомобильные аккумуляторы. Мостовой

выпрямитель на диодах D9 – D12 защищает пробник от подключения батареи в неправильной полярности. Напряжение стабилизации $U_{СТ}$ стабилитронов D5 – D8 увеличивается в соответствии с его стандартными значениями, так что если напряжение батарей $U_{БАТ} > U_{СТ}$, то загорится соответствующий светодиод. Другими словами, чем выше $U_{БАТ}$, тем больше светодиодов будет гореть. Номиналы элементов подобраны так, чтобы при $U_{БАТ} = 9\text{ В}$ (батарея слабая) горел только светодиод D1; когда $U_{БАТ} = 11\text{ В}$ (батарея требует проверки) – горят светодиоды D1 и D2; когда напряжение достигает 13 В (батарея в рабочем состоянии) – горят светодиоды D1, D2 и D3. D4 – мигающий светодиод. Напряжение стабилизации стабилитрона D6 таково, что светодиод D4 начинает мигать, когда $U_{БАТ} = 15\text{ В}$ (при перезаряде)

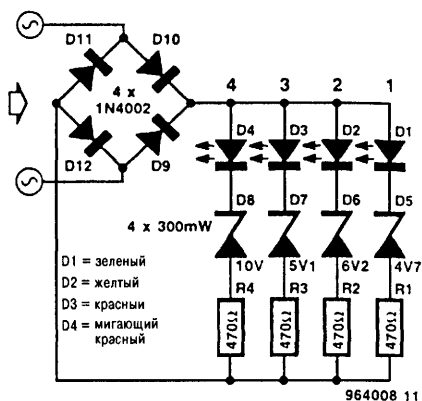


Рис. 15.2

ИМИТАТОР АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

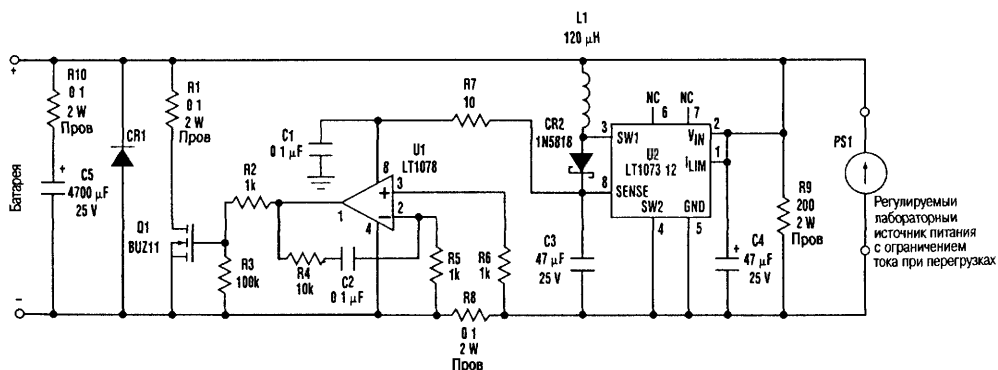


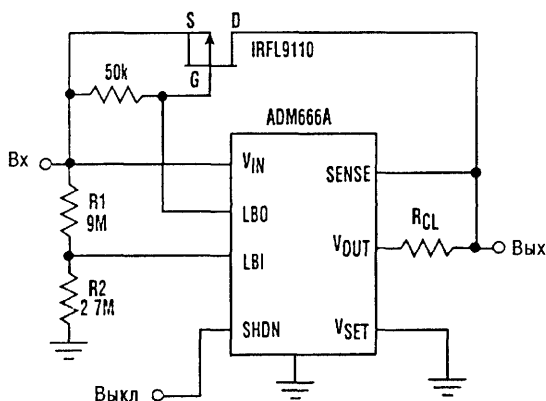
Рис. 15.3

Electronic Design

При разработках зарядных устройств для аккумуляторов использование настоящей батареи может оказаться неудобным. Альтернативой ей является описываемый ниже прибор – «имитатор батареи». Положительная и отрицательная входные клеммы прибора (обозначенные БАТАРЕЯ) подключаются к схеме зарядного устройства вместо настоящей батареи. При этом к имитатору должен быть подключен и лабораторный источник питания (согласно принципиальной схеме). В режиме РАЗРЯД в качестве источника энергии используется лабораторный источник питания с ограничением выходного тока PS1, а имитатор неактивен. В режиме ЗАРЯД ток протекает через обе клеммы БАТАРЕЯ. Небольшое падение напряжения, образующееся на резисторе R8, усиливается операционным усилителем U1

и заставляет транзистор Q1 шунтировать зарядный ток, поддерживая при этом напряжение источника питания PS1. На микросхеме U2, дросселе L1, диоде Шоттки CR2, конденсаторах C3 и C4 собран внутренний вспомогательный источник питания напряжением 12 В, который необходим для операционного усилителя U1 и управления транзистором Q1. Выходное напряжение PS1 должно регулироваться в пределах от 1,5 В до 15 В. Диод CR1 защищает схему от переплюсовки зарядного устройства и необходим в том случае, если максимальный зарядный ток слишком велик для встроенного диода транзистора Q1, который должен быть установлен на радиаторе. Резистор R1 – датчик для измерения тока заряда. Резистор R10 и конденсатор C5 имитируют характеристики батареи на переменном токе.

ДВУХРЕЖИМНЫЙ УДЛИНИТЕЛЬ СРОКА СЛУЖБЫ БАТАРЕЙ



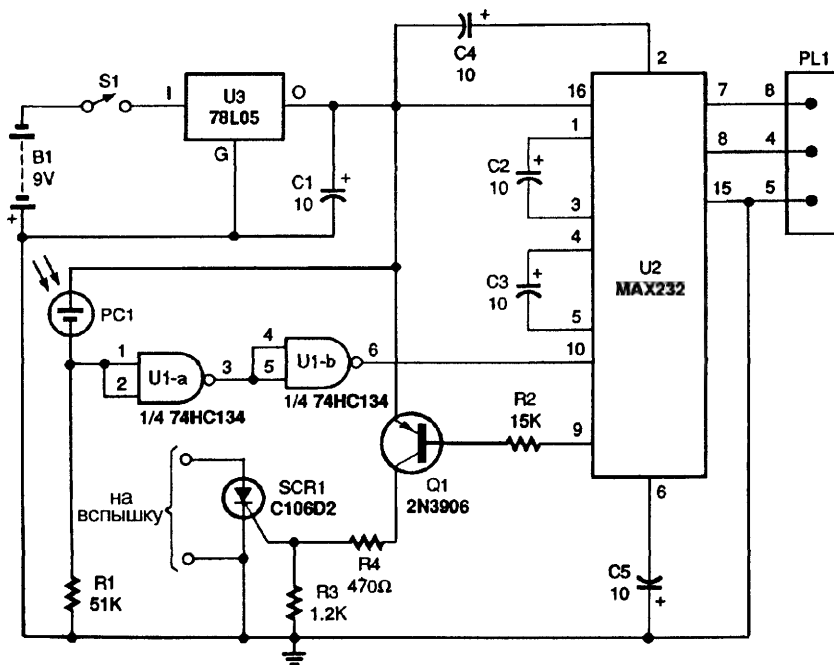
Electronic Design

Рис. 15.4

Большинство стабилизаторов напряжения перестает нормально работать, если разность потенциалов между входом и выходом становится меньше некоторого уровня. С этого момента выходное напряжение стабилизатора начинает быстро падать, в результате чего питание схемы оказывается значительно меньшим, чем напряжение батареи. Если же состояние батареи контролируется, то при ее разряде выдается предупреждающий сигнал, указывающий либо на приближение предельного разряда, либо на опасный разряд батареи. В представленной схеме при обнаружении сильного разряда стабилизатор напряжения шунтируется, и разрядившаяся батарея напрямую подключается к схеме. При нормальном заряде батареи выходное напряжение регулируется линейным стабилизатором, а выход компаратора индикатора разряда батареи (LBI) выключен. В то же время вывод LBO находится под потенциалом $V_{\text{БАТТ}}$ (входное напряжение), удерживая мощный МОП транзистор в выключенном состоянии. При уменьшении входного напряжения и приближении к порогу нормального режима стабилизатора базовый

ток регулирующего транзистора стабилизатора достигает своего максимума, переводя этот транзистор в состояние глубокого насыщения. Дальнейшее понижение входного напряжения вызовет, в свою очередь, рост напряжения насыщения регулирующего транзистора и снижение выходного напряжения стабилизатора. Напряжение срабатывания контроллера питания должно быть равным $V_{OUT} + V_{SET}$ (выходное напряжение плюс напряжение насыщения регулирующего транзистора). Когда входное напряжение станет ниже заданного уровня, сработает компаратор детектора. В таком случае затвор мощного МОП транзистора будет подключен к «земле», и транзистор откроется. С этого момента напряжение питания схемы будет определяться батареей с учетом падения напряжения на мощном МОП транзисторе, которое крайне мало.

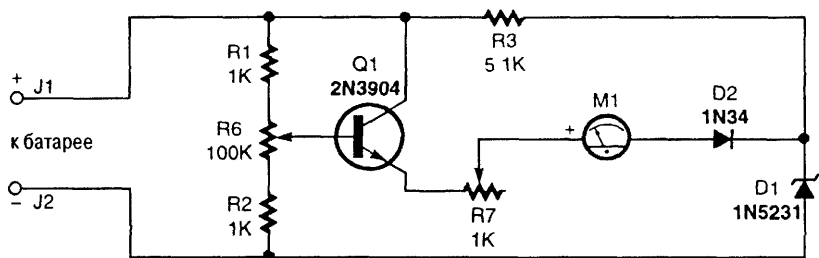
ПРИСТАВКА К ПК ДЛЯ ПРОВЕРКИ БАТАРЕЙ ЛАМП-ВСПЫШЕК



Питание от батареи 9 В (B1) подается на интегральный стабилизатор 78L05 (микросхема U3), откуда стабилизированное напряжение питания +5 В поступает на остальную схему. Сопротивление фоторезистора на сульфиде кадмия PC1 резко уменьшается, когда его засвечивает индикатор готовности испытываемой лампы-вспышки (он загорается в тот момент, когда лампа-вспышка готова к работе). Ток,

текущий через фоторезистор PC1, вызывает появление напряжения на резисторе R1, от которого переключаются логические элементы U1-a и U1-b. Они входят в состав микросхемы 74НС134, содержащей четыре триггера Шмидта с логикой 2И-НЕ на входе. При переключении на выходе логического элемента U1-b формируется прямоугольный сигнал, соответствующий высокому уровню ТТЛ-логики. Микросхема U2 типа MAX232 преобразует этот высокий ТТЛ-уровень в сигнал низкого уровня интерфейса RS232, который совместим с сигналами последовательных портов ПК. Микросхема MAX232 также принимает сигналы из последовательного порта и преобразует их в сигналы с уровнями ТТЛ-логики, которые используются для зажигания вспышки при помощи триодного тиристора SCR1 типа C106D2. Схема работает под управлением программы на языке BASIC. Эта программа вызывает зажигание вспышки, посылая короткий импульс через разъем PL1 на контакт DTR последовательного порта, а затем начинает отсчитывать время, которое необходимо вспышке для перезаряда. Другими словами, программа непрерывно следит за состоянием вывода CTS, пока не обнаружит, что напряжение на нем резко уменьшилось. Это происходит в том случае, когда фотоэлемент освещается индикатором готовности лампы-вспышки. Программа запоминает прошедшее время и продолжает считать до истечения минуты с начала процесса. После этого на выводе DTR снова формируется импульс зажигания вспышки, и процесс повторяется. Если во время тестирования повторный цикл превысит 45 с, то батарею надо заменить

ИНДИКАТОР ЕМКОСТИ БАТАРЕЙ



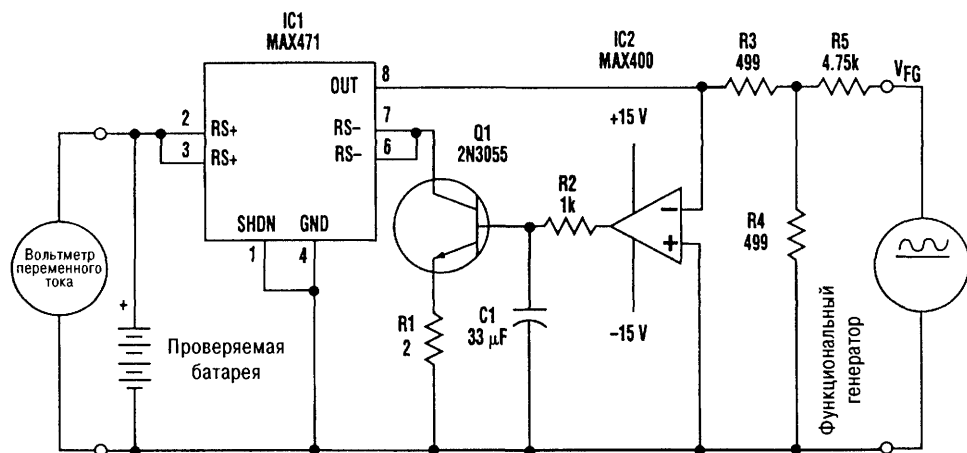
Electronics Now

Рис. 15.6

Стабилитрон D1 служит источником опорного напряжения, с которым сравнивается напряжение батареи. Этот диод имеет напряжение стабилизации 5,1 В, которое хорошо подходит для работы с большинством шести- или семиэлементных никель-кадмиевых аккумуляторных батарей, а также со свинцово-кислотными батареями на 12 В. Схема может быть приспособлена и для других типов батарей путем подбора напряжения стабилизации стабилитрона D1, которое должно быть примерно на 1 В меньше напряжения полностью разряженной батареи аккумулятора. Для значительного повышения чувствительности схемы потенциометр R7 подключен к движку потенциометра R6 не напрямую, а через эмиттерный повторитель

на транзисторе Q1. Другим преимуществом схемы является то, что в ней через резисторы R1, R2 и потенциометр R6 течет очень малый ток. Применение усилителя позволяет снизить токи через резисторы, существенно увеличить все сопротивления в схеме и соответственно снизить общее потребление устройства. Потенциометром R6 устанавливают стрелку измерительной головки на начало шкалы (0 мА) при контроле полностью разряженной батареи, а потенциометром R7 – на последнее деление шкалы (1 мА) при подключении полностью заряженной батареи. Если устройство случайно подключено к батарее в обратной полярности, ток будет протекать через стабилитрон D1 и измерительную головку M1. Транзистор, оказавшийся в инверсном включении, открывается, и цепь через него замыкается на другой полюс батареи. В таком случае слишком большой ток, текущий через цепь D1, M1 и Q1, может вывести их из строя. Для защиты устройства от обратного тока в случае переплюсовки батареи включены диод D2 и резисторы R1, R2.

ИЗМЕРИТЕЛЬ ВЫХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ БАТАРЕЙ



Electronic Design Analog Applications

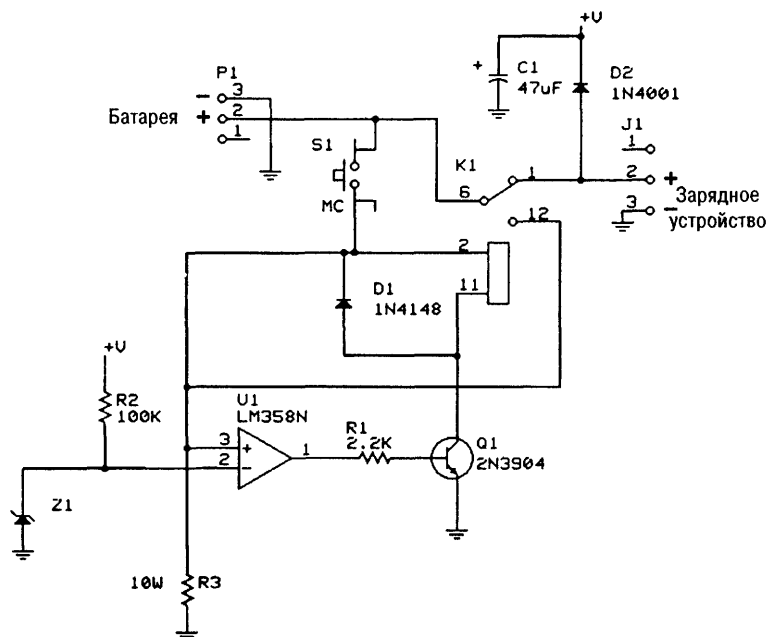
Рис. 15.7

Выходной сигнал функционального генератора (в точке V_{FG}) в виде пульсирующего напряжения с постоянной составляющей отрицательной полярности (напряжение которой в 10 раз больше переменной составляющей) определяет силу тока батареи, протекающего через транзистор Q1 (см. рис. 15.7). Напряжение сигнала функционального генератора приводит к росту выходного напряжения операционного усилителя (IC2) и к открыванию транзистора Q1, который служит нагрузкой для батареи. Текущий через транзистор ток проходит также через микросхему (IC1), специально предназначенную для измерения тока в шинах положительного напряжения. Выходной ток вывода 8 микросхемы IC1 равен $1/2000$ тока испытываемой батареи. В результате микросхемы IC1, IC2 и транзистор Q1

образуют цепь, в которой за счет работы операционного усилителя в узле соединения резистора R3 и микросхем IC1, IC2 образуется потенциал «виртуальной земли». Использование в схеме операционного усилителя с особо малым смещением нуля (не более 10 мкВ) позволяет достичь высокой точности работы устройства. Наличие потенциала «виртуальной земли» приводит к тому, что напряжение на резисторе R3 определяется параметрами делителя напряжения, который образован резистором R5 и параллельно соединенными резисторами R3, R4, и параметрами сигнала функционального генератора. Результирующий ток резистора R3 будет равен $I_{R3} = R_p \times V_{FG} / [(R_p + R5) \times R3]$, где R_p – сопротивление параллельно включенных резисторов R3 и R4. Путем подстановки выбранных значений сопротивлений резисторов при учете, что ток батареи (I_B) в 2000 раз больше тока I_{R3} , можно получить $I_B = -V_{FG} / 5$. Для работы с устройством необходимо на функциональном генераторе выставить уровень напряжения переменной составляющей сигнала равным примерно 10% от его постоянной составляющей. Уравнение позволяет определить величину результирующей переменной составляющей тока батареи (I_B). Используя вольтметр переменного тока, можно измерить переменную составляющую напряжения на батарее (V_B) и рассчитать среднее выходное сопротивление каждого из ее элементов по формуле V_B / NI_B , где N – число элементов. Схема легко настраивается на испытание аккумуляторов с номинальным напряжением 3 В и более.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НИКЕЛЬ-КАДМИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

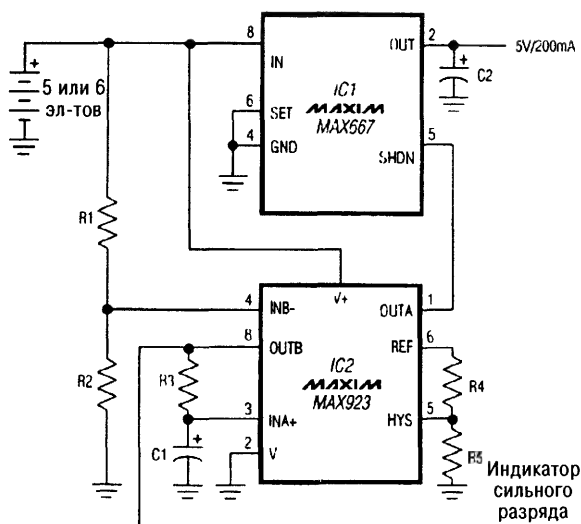
Предлагаемое устройство работает с никель-кадмиевыми аккумуляторами, содержащими от трех до девяти элементов. Налаживание устройства осуществляется путем подбора стабилитрона Z1, реле K1 и резистора R3 в соответствии с количеством элементов в батарее. Основными частями данной схемы являются компаратор напряжения (микросхема U1), источник опорного напряжения (стабилитрон Z1) и переключающая схема (транзистор Q1 и реле K1). Операционный усилитель, используемый в качестве компаратора (микросхема U1), сравнивает опорное напряжение, получаемое на стабилитроне (Z1), и напряжение батареи. Когда последнее равно первому или меньше его, переключатель в состоянии ВЫКЛ. и батарея готова к заряду. Когда напряжение батареи выше опорного, она разряжается через резистор R3. Сопротивление резистора выбрано таким, чтобы ток разряда батареи составлял 200–300 мА. При этом мощность, рассеиваемая на резисторе R3, составит менее 3 Вт, что сокращает риск срабатывания любых предохранителей в цепях батареи, расположенной в портативном оборудовании. Кнопочный выключатель S1 служит для запуска разряда. Когда напряжение батареи ниже опорного, то устройство не будет ее разряжать даже после нажатия кнопки S1, поскольку нижний пороговый уровень уже достигнут. Если батареи находятся в таком состоянии, их надо заряжать в течение 18 ч, после чего снова проверить напряжение. Если и в этом случае оно меньше нижнего порогового уровня, то неисправен один или даже несколько элементов, входящих в состав батареи.



Nuts & Volts Magazine

Рис. 15.8

СХЕМА КОНТРОЛЯ РАЗРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

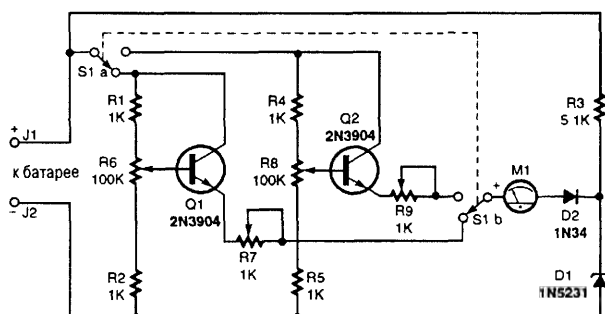


Maxim Engineering Journal

Рис. 15.9

использован для защиты системы питания от короткого замыкания в нагрузке (выбранный уровень ограничения тока составляет 850 мА) и, кроме того, полностью отключает нагрузку при сильном разряде аккумуляторной батареи. В выключенном состоянии ток потребления от аккумулятора всей системы питания составляет менее 25 мкА.

СДВОЕННЫЙ ИНДИКАТОР ЕМКОСТИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ



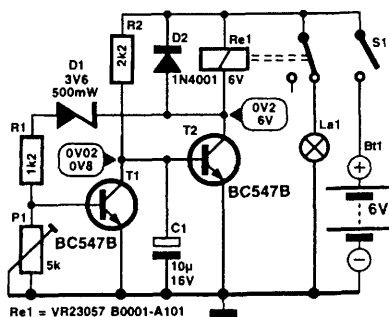
Electronics Now

Рис. 15.11

Данная схема содержит две отдельные измерительные цепи с растянутыми шкалами и может быть откалибрована для проверки двух разных типов аккумуляторных батарей.

УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ БАТАРЕЙ ВИДЕОКАМЕР

Многие любители видеосъемки применяют запасные батареи для питания осветительных приборов. Во многих приборах такого рода не предусмотрена индикация разряда батареи. Это неудобство может быть устранено при использовании данной защитной схемы. Когда ее включают, потенциал на конденсаторе C1 равен нулю, поэтому транзистор T2 выключен, обмотка реле обесточена и светится индикаторная лампа. До тех пор пока напряжение батареи больше некоторого уровня, транзистор T1 включен, а напряжение на базе транзистора T2 близко к потенциалу «земли». В таком состоянии ток потребления



Elektronika
Electronics

Рис. 15.12

очень мал. Когда напряжение батареи становится меньше суммы напряжений на стабилитроне потенциала, установленного делителем R2 – P1, и на переходе база-эмиттер у открытого транзистора T1, этот транзистор выключается, а конденсатор C1 заряжается через резистор R2. Когда потенциал на конденсаторе C1 возрастает до величины, достаточной для открывания T2, через обмотку реле начинает течь ток, контакты реле размыкаются и отключают лампу от батареи. Поскольку потребление тока (примерно 70 мА) в этом состоянии практически полностью определяется реле, важно как можно скорее вынуть батарею из осветительного прибора. Уровень напряжения срабатывания устанавливается потенциометром P1 и должен составлять около 1 В на каждый элемент батареи.

ТЕСТЕР АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

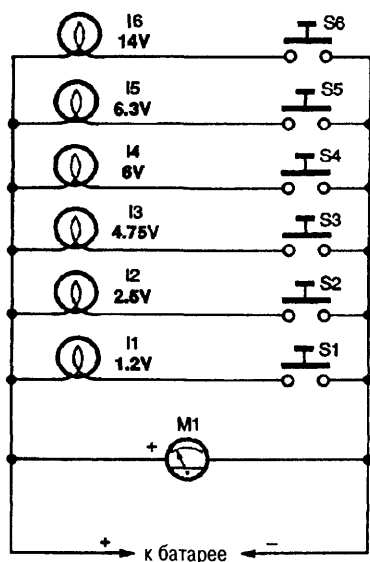


Рис. 15.13

Popular
Electronics

Это устройство, на первый взгляд достаточно простое, помогает локализовать и удалить деградирующие или испорченные элементы, которые обычными тестерами оцениваются как пригодные к употреблению. В качестве нагрузки для проверяемых батарей использованы шесть разных ламп накаливания, отличающихся друг от друга рабочим напряжением и номинальной рассеиваемой мощностью. Вольтметр M1 и яркость горения ламп будут давать практически полную информацию о текущей емкости и состоянии батареи. Кроме того, поскольку броски тока, которые происходят в момент подключения ламп к батарее, значительно выше по амплитуде, чем допустимое среднее рабочее значение тока элемента, с помощью схемы легко обнаружить деградирующие или испортившиеся элементы. При тестировании схему подключают к аккумулятору и наблюдают за измеряемым напряжением по вольтметру M1. Затем надо нажать на

кнопку, соответствующую отсчету вольтметра и/или номинальному напряжению батареи, и наблюдать за яркостью лампы.

Предупреждение. Не следует проводить тесты с использованием ламп, рабочее напряжение которых ниже номинального напряжения батареи более чем на 30%. Если тестируемая батарея находится в хорошем состоянии, такие лампы будут повреждены.

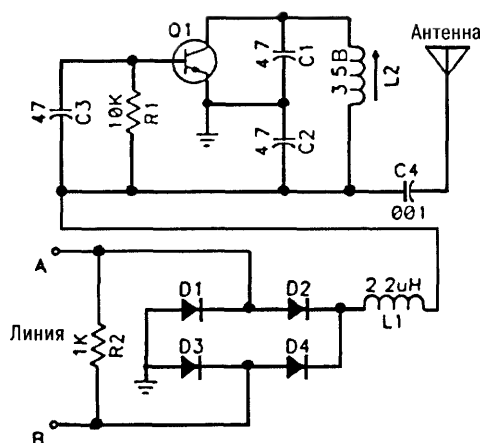
Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
1N5231	КС126Д1 КС147Г КС407Г КС451А		
2N3055	КТ8150		
BC547B		КТ3102	
BUZ11		КП150	
C106D2		Т106 10 3-8	
IRFL9110		КП944	
REF25Z			Прецизионный источник опорного напряжения

ГЛАВА 16

СХЕМЫ ПОДСЛУШИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

МАЛОМОЩНЫЙ ТЕЛЕФОННЫЙ «ЖУЧОК» С ЧМ ВЫХОДОМ



Nuts & Volts Magazine

Рис. 16.1

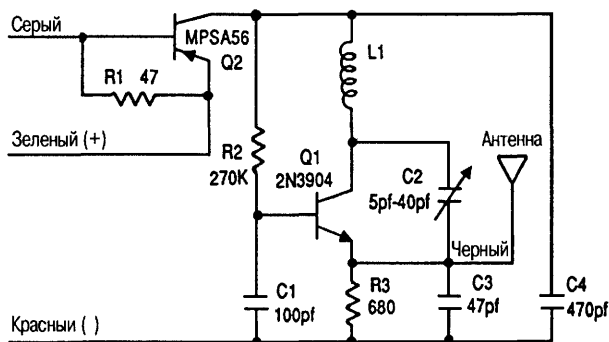
Транзистор Q1 (2N3904) работает в схеме генератора, настроенного на пустой участок в радиовещательном УКВ/ЧМ диапазоне. Выпрямительный мост на диодах D1 – D4 (типа 1N914) обеспечивает нужную полярность. Питание «жучок» получает от постоянной составляющей тока линии. Звуковой сигнал на линии вызывает паразитную ЧМ, которая может быть принята на ЧМ приемник, настроенный на среднюю частоту генератора «жучка».

Предупреждение. Использование этого устройства в некоторых случаях запрещено законодательством России, что грозит виновному административным или уголовным преследованием.

ТЕЛЕФОННЫЙ «ЖУЧОК» С ЧМ ВЫХОДОМ

Транзистор Q1 (2N3904) работает в схеме генератора, настроенного на пустой участок в радиовещательном УКВ/ЧМ диапазоне. «Жучок» получает питание от

постоянной составляющей тока телефонной линии. Следует подключить к телефону серый провод вместо зеленого, зеленый провод «жучка» соединив с зеленым, а красный – с красным проводом в розетке. Звуковой сигнал в линии вызывает паразитную ЧМ, которая может быть принята на ЧМ приемник, настроенный на среднюю частоту генератора «жучка». Поскольку это устройство «видит» полное напряжение линии, в качестве транзистора Q2 использован высоковольтный pnp-транзистор MPSA56.

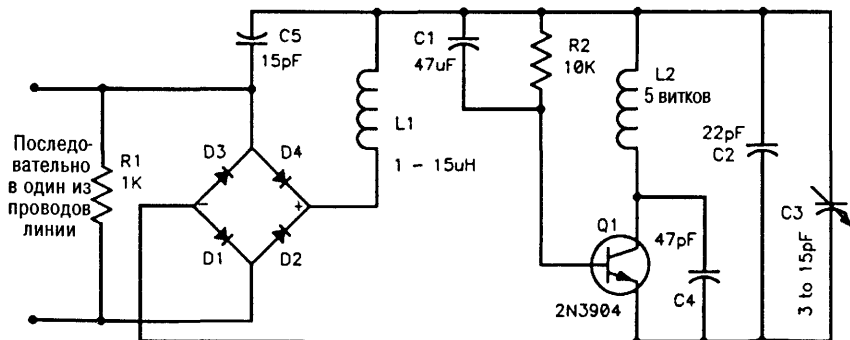


Nuts & Volts Magazine

Рис. 16.2

Предупреждение. Использование этого устройства в некоторых случаях за прещено законодательством России, что грозит виновному административным или уголовным преследованием.

ТЕЛЕФОННЫЙ «ЖУЧОК»



Nuts & Volts Magazine

Рис. 16.3

Транзистор Q1 (2N3904) работает в схеме генератора, настроенного на пустой участок в радиовещательном УКВ/ЧМ диапазоне. Питание «жучок» получает от постоянной составляющей тока телефонной линии. Выпрямительный мост на диодах D1 – D4 обеспечивает нужную полярность. Собственно напряжением питания

является напряжение на резисторе R1. Звуковой сигнал в линии вызывает паразитную ЧМ, которая может быть принята на ЧМ приемник, настроенный на среднюю частоту генератора «жучка».

Предупреждение. *Использование этого устройства в некоторых случаях запрещено законодательством России, что грозит виновному административным или уголовным преследованием.*

Аналоги и возможные замены

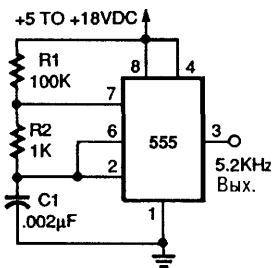
Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
MPSA56		КТ6127	Любой рпр-транзистор с током коллектора большим 100 мА

ГЛАВА 17

СХЕМЫ ТАКТОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

ПРОСТОЙ ТАКТОВЫЙ ГЕНЕРАТОР 5,2 кГц

В этой схеме таймер NE555 использован для формирования тактового сигнала частотой 5,2 кГц.



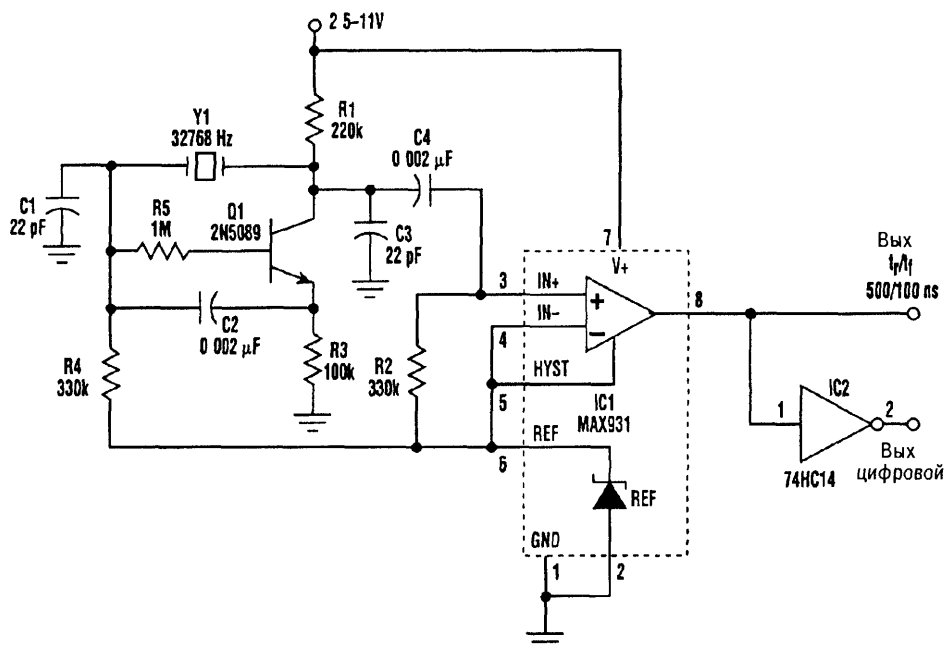
Electronics Now **Рис. 17.1**

МИКРОМОЩНЫЙ ТАКТОВЫЙ ГЕНЕРАТОР

Таблица 17.2

Ток потребления в зависимости от напряжения питания Vcc		
Vcc, В	Icc без 74НС14, мкА	Icc с 74НС14, мкА
2,5	12	—
3,0	13	21
4,0	15	29
5,0	18	42
6,0	23	59
7,0	24	—
8,0	28	—
9,0	31	—
10,0	35	—

Микромощный тактовый генератор с широким диапазоном напряжений питания на частоту 32 кГц имеет многочисленные преимущества перед обычными схемами, в частности перед генераторами, собранными на инверторах с КМОП структурами. Во многих случаях генераторы на частоту 32 кГц используются для получения системных тактовых сигналов или вспомогательных тактовых сигналов



Electronic Design

Рис. 17.2

в экономичных приборах и микроконтроллерах. В большинстве случаев применяют КМОП инверторы (типа 74HC04 или CD4049UB). Однако схема на инверторах имеет существенные недостатки. Ток потребления очень сильно зависит от напряжения питания, которое может изменяться в широких пределах – от 3 до 6 В, и получить от такой схемы ток потребления меньше 250 мкА практически невозможно. Кроме того, в широком диапазоне напряжений питания схема работает недостаточно надежно. Всех этих пороков лишен предлагаемый микромощный кварцевый генератор, который потребляет только 13 мкА от источника питания напряжением 3 В. Он состоит из усилителя/генератора на одном транзисторе (Q1) и маломощного компаратора, совмещенного с источником опорного напряжения (IC1). На базу транзистора Q1 подано смещение 1,25 В через резисторы R5, R4 с выхода источника опорного напряжения микросхемы IC1. Напряжение V_{be} составляет около 0,7 В, поэтому потенциал эмиттера равен примерно 0,5 В. Постоянным напряжением на резисторе R3 определяется рабочий ток транзистора Q1 (в данном случае он составляет около 5 мкА), и от этого зависит потенциал коллектора транзистора, выбранный примерно на 1 В меньше, чем напряжение питания. Номинальный коэффициент передачи усилителя (определяется отношением $R1/R3$) составляет примерно 2 В/В. Кварцевый резонатор и конденсаторы (C1 и C3) образуют петлю обратной связи для транзистора Q1, а сдвиг фазы в петле на 180° приводит к возникновению колебаний. Через конденсатор C4 сигнал генератора подается на вход компаратора, на который через резистор R2

задано смещение 1,25 В от источника опорного напряжения. Таким образом, средний уровень сигнала на входе компаратора привязан к уровню опорного напряжения. Работая на частоте 32 кГц при питании 3 В, микросхема IC1 потребляет ток около 7 мкА.

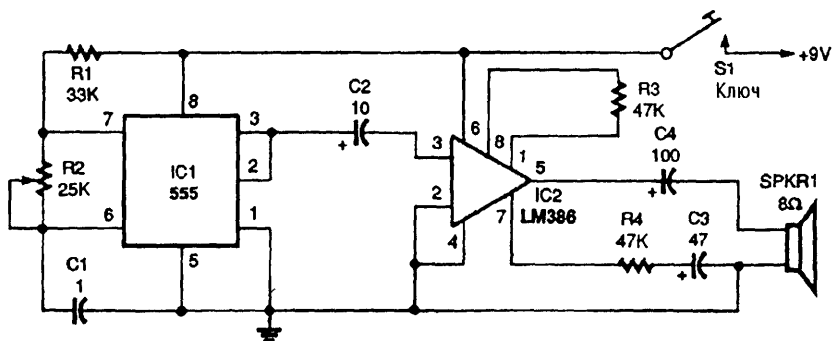
Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
2N5089		КТ342, КТ3102	
МАХ931			Микромощный КМОП компаратор с источником опорного напряжения

ГЛАВА 18

СХЕМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КОДА МОРЗЕ

ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АЗБУКИ МОРЗЕ



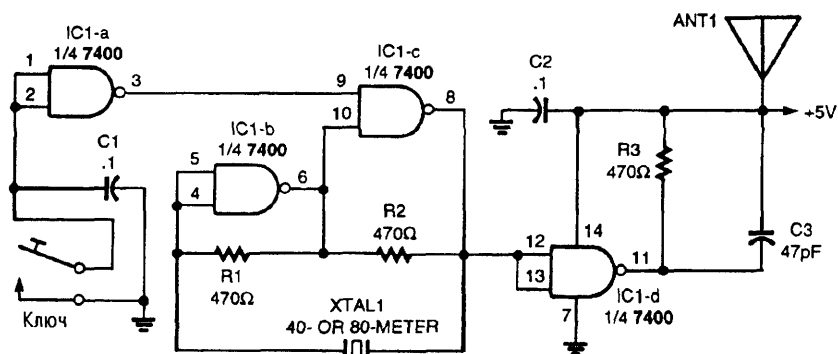
Popular Electronics

Рис. 18.1

Схема построена на основе таймера 555 (IC1) и усилителя низкой частоты LM386 (IC2). Таймер 555 включен по стандартной схеме импульсного генератора, с перезапуском от выходного сигнала. Устройство запускается при нажатии ключа S1 и начинает генерировать сигнал с частотой, определяемой сопротивлениями резисторов R1, R2 и емкостью конденсатора C1. Потенциометр R2 использован для подстройки частоты тона генератора. Выходной сигнал таймера IC1 через конденсатор C2 емкостью 10 мкФ подается на вход микросхемы IC2, так что уровень сигнала будет достаточным для нормальной работы громкоговорителя. Поскольку схема не имеет регулятора усиления, громкость зависит только от размеров и мощности громкоговорителя.

ПЕРЕДАТЧИК С КВАРЦЕВОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ

Когда телеграфный ключ замкнут, на выходе логического элемента IC1-а появляется высокий логический уровень, разрешая работу генератора на логических элементах IC1-в и IC1-с. Кварцевый резонатор, включенный в цепь обратной связи, определяет рабочую частоту генератора. Схема работает в диапазонах 40 и 80 м.



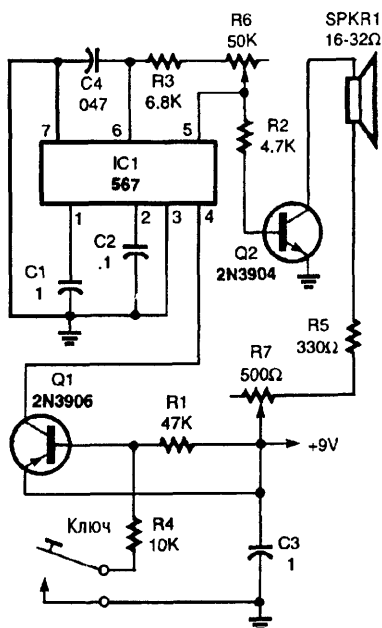
Popular Electronics

Рис. 18.2

Логический элемент IC1-d позволяет исключить влияние на генератор короткой антенны ANT1, в качестве которой для передачи сигнала в эфир можно использовать кусок провода с зажимом на конце. Остается настроить приемник с радиоловительскими диапазонами на частоту кварцевого резонатора и нажать на ключ. Если приемник не имеет телеграфного режима, можно включить генератор биеений (BFO) и подобрать желаемый тон.

ГЕНЕРАТОР НА МИКРОСХЕМЕ ФАПЧ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АЗБУКИ МОРЗЕ

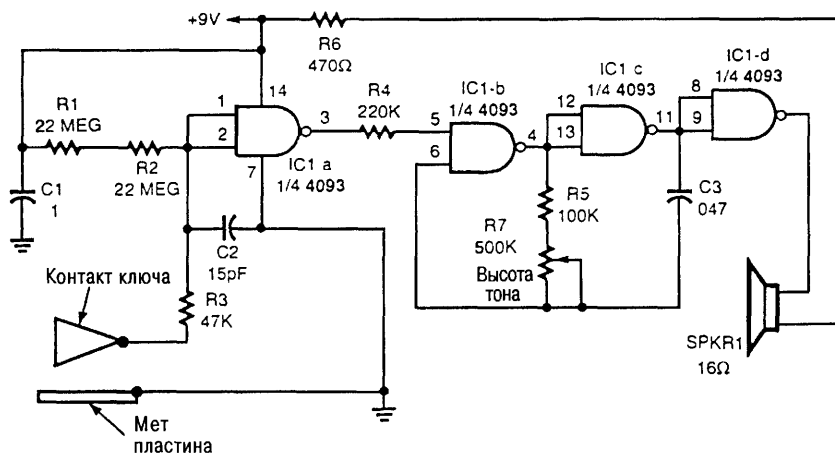
В этой схеме использована микросхема ФАПЧ IC1 типа 567, работающая как генератор переменного тона. Частота генератора точно устанавливается потенциометром R6, а грубо – подбором конденсатора C5. Для уменьшения частоты генератора надо сделать емкость этого конденсатора больше, а для увеличения – меньше. Через рпр-транзистор Q1 типа 2N3906 на вывод 4 микросхемы 567 подается напряжение питания каждый раз, когда нажимается телеграфный ключ. Буферный каскад для выходного сигнала генератора собран на рпр-транзисторе Q2 типа 2N3904 и работает прямо на громкоговоритель. Потенциометром R7 можно подобрать уровень громкости.



Popular Electronics

Рис. 18.3

ГЕНЕРАТОР С СЕНСОРНЫМ КЛЮЧОМ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АЗБУКИ МОРЗЕ



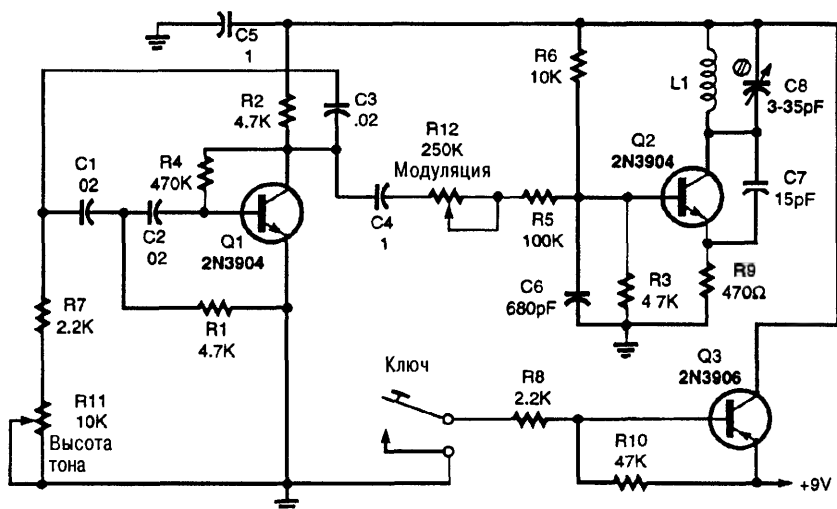
Popular Electronics

Рис. 18.4

На рисунке представлен генератор с сенсорным управлением для изучения азбуки Морзе. На оба входа логического элемента IC1-а подано напряжение через два резистора по 22 МОм каждый (R1 и R2), поэтому на выходе этих элементов будет низкий логический уровень. Логические элементы IC1-b и IC1-c включены по схеме генератора импульсов, работающего в звуковом диапазоне, который функционирует только в том случае, если на выводе 5 IC1-b высокий логический уровень. Последний логический элемент из состава микросхемы 4093 (IC1-d) обеспечивает развязку генератора от выходных цепей и работает непосредственно на громкоговоритель (SPKR1). Если одновременно коснуться ламели-ключа и опорной пластины, то напряжение на входе логического элемента IC1-а станет близким к нулю, а на выходе (на выводе 3) появится напряжение высокого уровня. При этом заработает звуковой генератор, и на его выходе появится звуковой тон. Ламель-ключ и плоская опорная пластина изготавливаются из фольгированного или любого другого проводящего материала. Пластину желательно сделать такой, чтобы кисть руки оператора располагалась на ней свободно, а ламель-ключ можно устанавливать в любое удобное для работы положение.

РАДИОПЕРЕДАТЧИК С ЧМ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АЗБУКИ МОРЗЕ

Показанная схема представляет собой маломощный передатчик с частотной модуляцией тональным сигналом, который совместно с любым УКВ/ЧМ вещательным приемником может использоваться для повышения навыков работы на телеграфном ключе. На транзисторе Q1 и соответствующих элементах выполнен генератор низких частот по схеме с фазосдвигающей цепочкой. Потенциометром R11 выбирается частота тона. На транзисторе Q2 собрана схема высокочастотного



Popular Electronics

Рис. 18.5

генератора, который работает в радиовещательном ЧМ диапазоне. Уровень модулирующего напряжения и соответственно индекс модуляции устанавливается потенциометром R12. Транзистор Q3 работает в ключевом режиме и включает ЧМ передатчик каждый раз, когда нажимается телеграфный ключ. Катушка L1 самодельная, без сердечника. Отрезок эмалированного провода длиной 164,3 мм и диаметром 0,8 мм плотно наматывается на оправку диаметром 6,35 мм. С обеих сторон катушки надо оставить по выводу длиной 6,35 мм каждый. Затем следует удалить эмаль с выводов и снять катушку с оправки. Общая длина готовой катушки должна быть около 6 мм. После этого движки потенциометров R11 и R12 устанавливаются в средние положения и нажимается телеграфный ключ. ЧМ приемник настраивается на свободный участок в низкочастотной части диапазона, а генератор медленно перестраивается подстроечным конденсатором C8. Когда в приемнике будет слышен тональный сигнал, его желаемую частоту можно установить потенциометром R11, а уровень подстроить потенциометром R12. Если не получается настроить генератор в нижней части диапазона, надо попробовать растянуть витки L1 и повторить процедуру настройки. Дальность работы схемы можно увеличить подключением небольшой антенны к эмиттеру транзистора Q2.

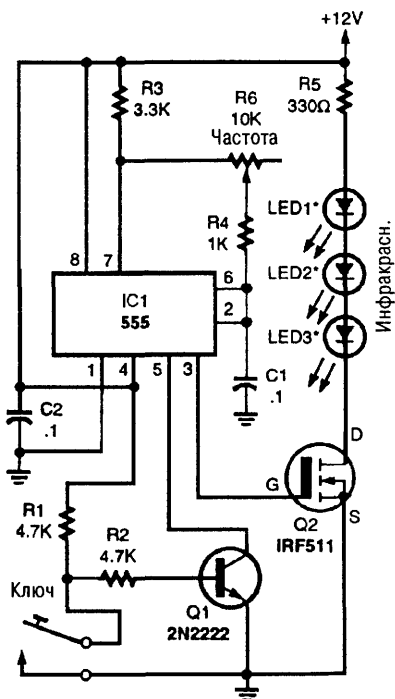
ИНФРАКРАСНЫЙ ПРИЕМНИК ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АЗБУКИ МОРЗЕ

Фототранзистор инфракрасного диапазона Q1 соединен непосредственно с входом операционного усилителя IC1-а. Сигнал с выхода IC1-а подается через регулирующий усиление потенциометр R9 на вход операционного усилителя IC1-в, который имеет коэффициент передачи равный 10. Выходной сигнал каскада на IC1-в поступает на операционный усилитель IC1-с с коэффициентом передачи

Генератор собран на одной КМОП микросхеме типа 4049, которая содержит 6 инверторов с мощными выходами. Инверторы IC1-а и IC1-в образуют перестраиваемый импульсный генератор низкой частоты. Выходной сигнал генератора через телеграфный ключ S1 подается на мощный буферный каскад, нагруженный динамиком. Частота сигнала генератора (то есть его тон) перестраивается потенциометром R2. Для регулирования громкости использован потенциометр R3.

ИНФРАКРАСНЫЙ ПЕРЕДАТЧИК ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АЗБУКИ МОРЗЕ

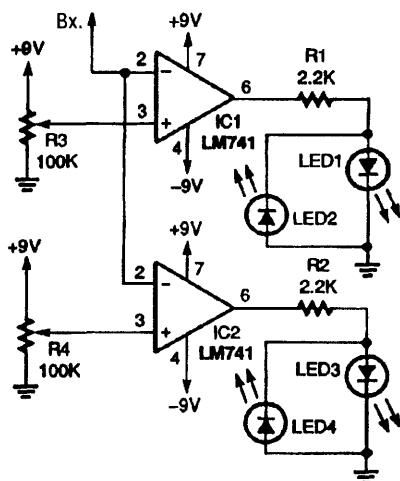
Микросхема IC1 – таймер типа 555 – включена по схеме генератора импульсов низкой частоты, которая устанавливается потенциометром R6. Если телеграфный ключ не нажат, то транзистор Q1 открыт и удерживает вывод 5 микросхемы IC1 на низком уровне; генератор не работает. Выходной сигнал таймера 555, получаемый на выводе 3, поступает на затвор силового МОП транзистора Q2, который управляет тремя мощными инфракрасными светодиодами LED1 – LED3. Если теперь нажать на телеграфный ключ, то генератор на таймере 555 включится. При этом звуковой тональный сигнал преобразуется в ИК лучи.



ГЛАВА 19

СХЕМЫ КОМПАРАТОРОВ

КОМПАРАТОР НА ДВА НАПРЯЖЕНИЯ

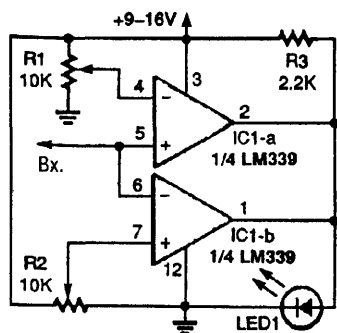


Этот компаратор можно использовать для контроля за аккумуляторной батареей во время ее заряда. Схема позволяет фиксировать и недостаточный заряд по малому напряжению на батарее, и повышенное напряжение на ней. Потенциометрами R3 и R4 можно выставить уровни срабатывания, при которых загораются светодиоды. В схеме разрешается использовать любые стандартные светодиоды, токи которых выбраны на уровне 3–4 мА и определяются максимальным выходным током примененных операционных усилителей, а также сопротивлением резисторов R1 и R2.

Popular Electronics

Рис. 19.1

ДВУХПОРОГОВЫЙ КОМПАРАТОР

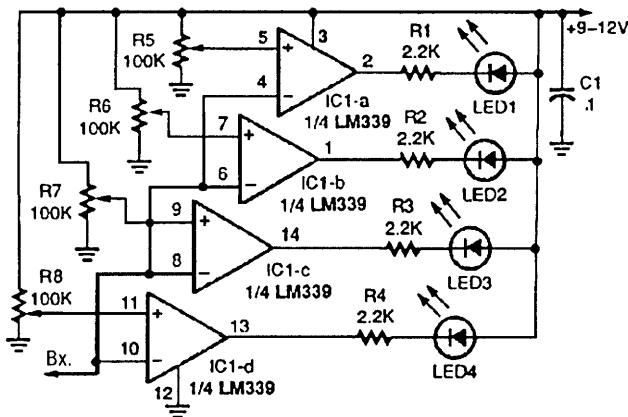


Этот двухпороговый компаратор определяет, находится ли напряжение между двумя пределами – верхним и нижним. Используя цифровой вольтметр, надо выставить оба опорных напряжения на одно и то же значение в нужном диапазоне. Затем следует изменить один из опорных уровней, чтобы установить ширину зоны срабатывания. Когда входное напряжение будет находиться в пределах этой зоны, загорится светодиод LED1.

Popular Electronics

Рис. 19.2

ЧЕТЫРЕХУРОВНЕВЫЙ КОМПАРАТОР НАПЯЖЕНИЯ

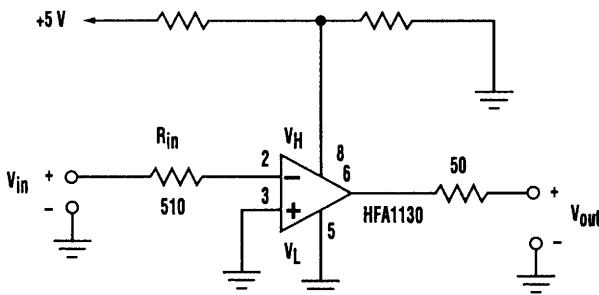


Popular Electronics

Рис. 19.3

Предлагаемую 4-уровневую пороговую схему можно использовать в качестве вольтметра с линейной шкалой. Необходимо только выставить каждый потенциометр (R5 – R8) на выбранные значения напряжений срабатывания.

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ТТЛ-СОВМЕСТИМЫЙ КОМПАРАТОР

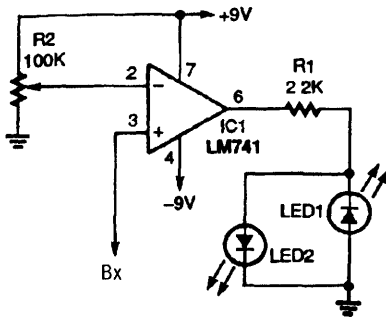


Electronic Design Analog Applications

Рис. 19.4

Микросхему HFA1130 компании Harris Semiconductor можно с успехом использовать в качестве компаратора. На схеме показан инвертирующий компаратор с ТТЛ-совместимыми уровнями выходного сигнала и временем срабатывания 2 нс. Он построен на базе HFA1130 – операционного усилителя с обратной связью по току и схемой ограничения выходного напряжения.

РЕГУЛИРУЕМЫЙ КОМПАРАТОР



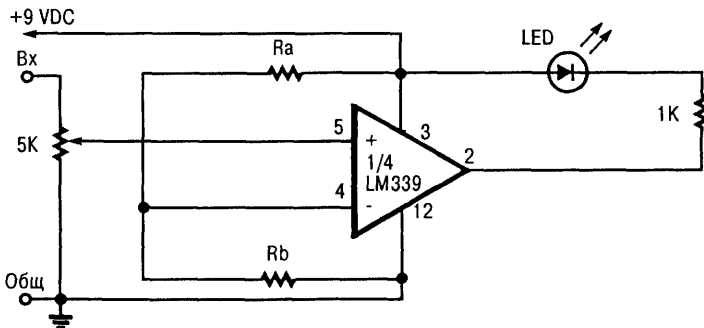
Положение движка потенциометра R2 определяет уровень напряжения, при котором данный компаратор переключится в другое состояние. Выходной сигнал может быть использован для управления любыми устройствами, где нужен именно сигнал компаратора, в пределах нагрузочной способности примененного операционного усилителя (в данном случае выбран ОУ типа 741).

Popular
Electronics

Рис. 19.5

КОМПАРАТОР НАПЯЖЕНИЯ

Светодиод в этой схеме включается, когда входное напряжение на выводе 5 микросхемы LM339 становится ниже опорного напряжения на выводе 4.



Electronic Now

Рис. 19.6

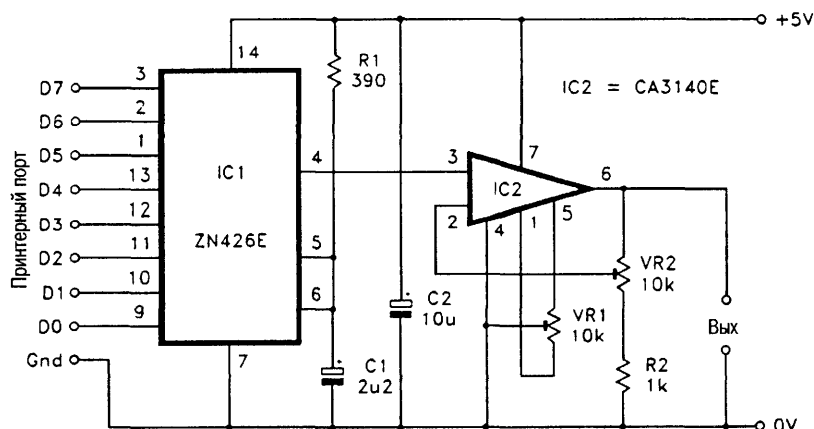
Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
HFA1130			Сверхскоростной операционный усилитель с токовой обратной связью и встроенной схемой ограничения выходного уровня напряжения

ГЛАВА 20

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРОВ

ЦИФРО-АНАЛОГОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ПРИНТЕРНОГО ПОРТА



Everyday Practical Electronics

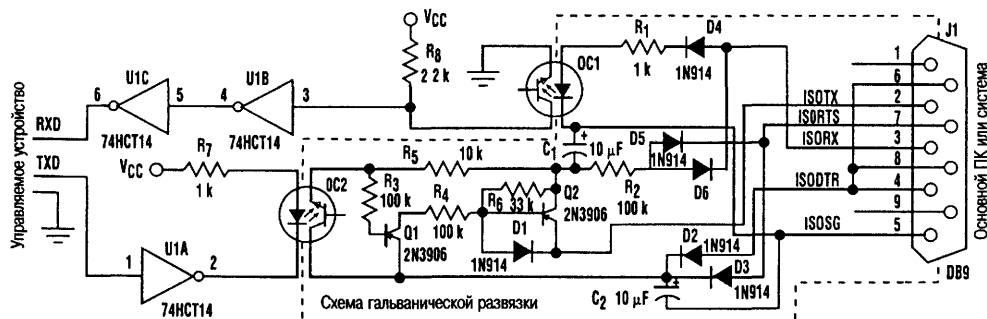
Рис. 20.1

В любой системе, имеющей восьмиразрядный выход с фиксацией, можно организовать аналоговый выходной порт, используя микросхему ЦАП ZN426E фирмы Ferranti. На рисунке показана принципиальная схема аналогового порта для ПК, в которой применена эта микросхема. Полная шкала выходного напряжения соответствует уровню опорного напряжения, подаваемого на вывод 5. К этому выводу может подключаться внешний источник опорного напряжения с уровнем до 3 В, но в большинстве случаев прекрасно подходит встроенный источник опорного напряжения 2,55 В. Выходное напряжение микросхемы IC1 (в вольтах) равно десятичному эквиваленту двоичного числа, записанного в порт принтера, умноженному на 0,001. На практике бывает полезно управлять размахом выходного сигнала, используя усилитель или делитель напряжения. В подавляющем большинстве случаев коэффициент усиления от такого каскада требуется небольшой

В данной схеме применен операционный усилитель IC2, который также служит выходным буфером. Коэффициент усиления по напряжению операционного усилителя IC2 в неинвертирующем включении можно регулировать от 1 до 11 с помощью подстроечного резистора VR2.

Максимальное выходное напряжение IC2 примерно на 2 В меньше, чем напряжение питания (то есть около 3 В), если схема работает от однополярного источника питания 5 В. Получить выходное напряжение больше 3 В можно, используя для микросхемы IC2 более высокое напряжение питания – порядка 30 В. В таком случае понадобятся два источника: один для микросхемы IC2, а другой – для ZN426E, напряжение питания которого должно быть 5 В. Если включен подстроечный резистор VR1, то настроить схему проще всего следующим образом: во-первых, записать в порт нулевое значение и регулировкой VR1 выставить нулевое выходное напряжение; во-вторых, вывести в порт максимальную величину и регулировкой подстроечного резистора VR2 выставить желаемый уровень выходного напряжения. Возможно, этот процесс придется повторить несколько раз, пока не будет достигнута требуемая точность работы схемы. Если подстроечный резистор VR1 не используется, надо вывести в порт число 255, а затем регулировкой VR2 выставить желаемый максимум выходного напряжения. При этом может быть получена достаточная точность во всем диапазоне выходных напряжений. При программировании на языке GW BASIC надо просто записать нужные величины по соответствующим адресам с помощью команды OUT. Например, строка OUT &H378, 123 записывает величину 123 в принтерный порт LPT1, к которому и подключен цифро-аналоговый преобразователь.

ИЗОЛИРОВАННЫЙ ИНТЕРФЕЙС RS-232



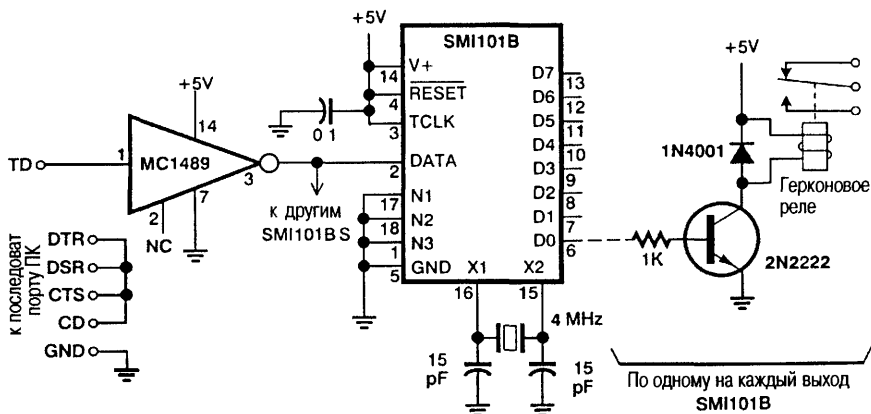
Electronic Design

Рис. 20.2

Предлагаемая схема простого и дешевого интерфейса RS-232 с гальванической развязкой между двумя устройствами обеспечивает прочность электрической изоляции 1500 В или более. Схема идеальна для различных систем передачи данных, включая медицинское оборудование и устройства, работающие в условиях сильных электромагнитных помех. Со стороны ведущего с помощью линии интерфейса

TXD (передача данных), RXD (получение данных), DTR (готовность) и RTS (запрос на передачу) формируется напряжение питания устройства. Для работы с полным дуплексом ведущий коммуникационный порт должен быть настроен так, чтобы его линия RTS была в неактивном состоянии (отрицательное напряжение). При работе в режиме полудуплекса для питания схемы можно использовать отрицательное напряжение, установленное на линии TXD ведущего, которое поступает на схему через диод D6. Посылка нуля (бестоковая посылка) от ведомого происходит наоборот: в таком случае необходимое для работы схемы положительное напряжение подается через разъем ведущего на диоды D2 и D3, а через них – на цепь из транзистора Q1 и диода D1 и обратно на разъем DB9-2.

УПРАВЛЕНИЕ НЕСКОЛЬКИМИ РЕЛЕ ОТ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПОРТА ПК



Electronics Now

Рис. 20.3

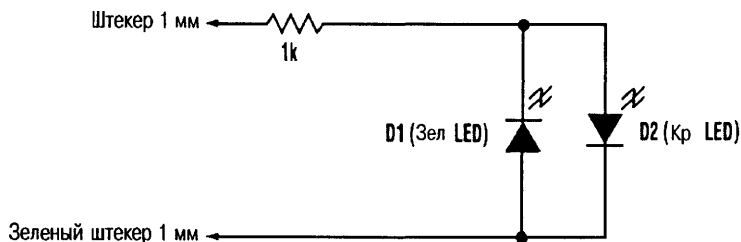
```

10 OPEN "COM1:9600,N,8,1" FOR OUTPUT AS #1 'Настроить порт COM1
20 PRINT #1, "ON1" + CHR$(13) 'Включить реле 1 процессора 0
30 FOR I=1 TO 10000: NEXT I 'Выдержать паузу
40 PRINT #1, "OF1" + CHR$(13) 'Выключить реле 1 процессора 0
  
```

Расшифровку посылок интерфейса RS-232 удобно выполнять с помощью микроконтроллера (однокристального микрокомпьютера). К счастью, можно обойтись и без самостоятельного написания программ для него, пользуясь микроконтроллером PIC 16C54A, запрограммированным для решения подобных задач фирмой Stone Mountain Instruments. Приведенная схема и программа на языке BASIC демонстрируют его работу. Каждый модуль SMI101B имеет 8 логических выходов. Кроме того, к одному последовательному порту можно подключить до 7 модулей SMI101B. Три вывода группы N позволяют присвоить каждому модулю определенный идентификационный номер: от 0 до 6. Если все три вывода заземлены, идентификационным номером будет 0; если вывод N1 соединен с шиной +5 В,

то 1, и т. д. (в двоичном коде). При включении питания все выходы неактивны (находятся в состоянии лог. 0). Для включения выхода надо послать команду в формате вида xNy , где x есть идентификационный номер соответствующего модуля SMI101B, а y определяет, какой из выходов модуля будет включен. Для выключения выхода надо использовать символ F вместо N (то есть, например, 0F3). Связь должна производиться в формате 8 бит данных и без битов контроля четности. Скорость передачи может составить 9600 бод, если модуль работает с кварцевым резонатором на 4 МГц, или 1200 бод с керамическим резонатором 500 кГц. На рисунке показано, что для управления каждым реле требуется транзистор, резистор и защитный диод. Для сокращения общего количества элементов схемы можно использовать специальную микросхему, управляющую нагрузками индуктивного характера (в частности, реле), например типа UDN2987 производства компании Allegro; в ней есть все необходимое для управления восемью малогабаритными реле от сигналов со стандартными логическими уровнями.

ПРОСТЕЙШИЙ ТЕСТЕР RS-232

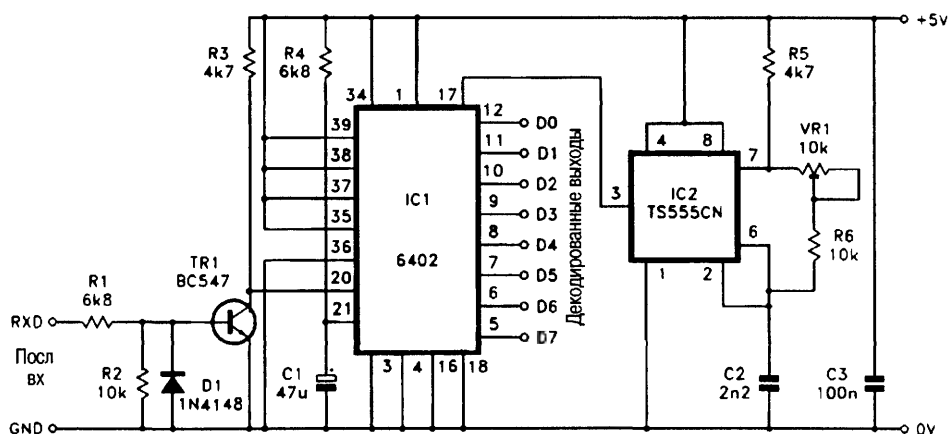


Electronic Design

Рис. 20.4

Этот простейший тестер состоит из одного двухцветного светодиода (или из красного и зеленого светодиодов, соединенных встречно-параллельно), включенного последовательно с резистором сопротивлением 1 кОм. К свободным концам резистора и светодиода припаиваются два отрезка многожильного изолированного провода со щупами диаметром 1 мм на концах. Один из этих проводов должен иметь зеленый щуп, или на сам провод должна быть надета зеленая трубка. Им касаются вывода 7 (общий провод) разъема во время тестов. Другим концом по очереди касаются каждого проверяемого вывода. Светодиод (или пара светодиодов) включен так, чтобы при положительном напряжении зажигался красный, а при отрицательном напряжении – зеленый. Иногда входы портов RS-232 могут иметь внутренний резистор привязки к определенному уровню, полезный в тех случаях, когда порт неактивен. Из-за этого резистора светодиоды тестера будут гореть, как если бы тестер был подключен к выходной линии порта (но в таком случае яркость светодиодов значительно меньше). С учетом этой особенности тестер может быть использован для поиска самых разных неисправностей аппаратной части интерфейса RS-232.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДАННЫХ RS-232 В ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ КОД



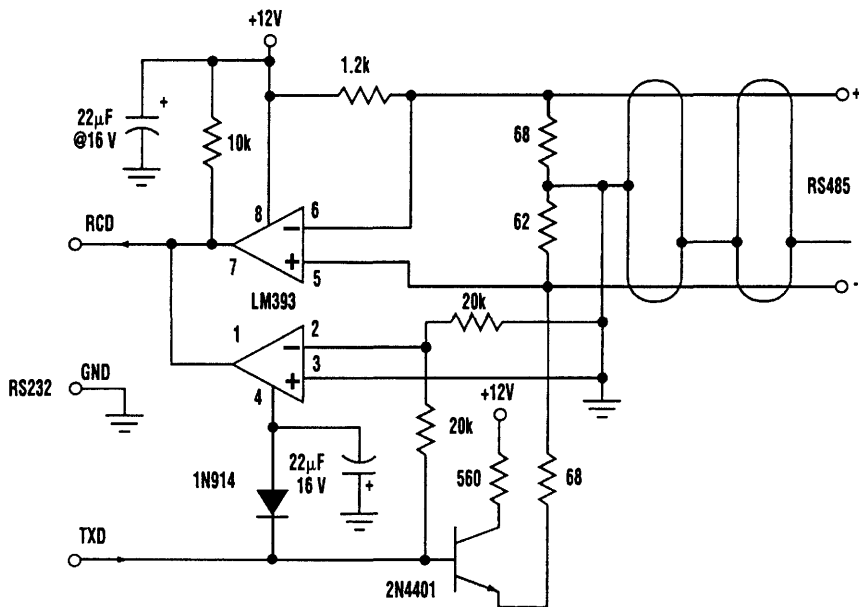
Everyday Practical Electronics

Рис. 20.5

На рисунке показана схема простого преобразователя последовательного кода в параллельный, собранная на микросхеме УСАПП 6402 (IC1). Входные сигналы по протоколу RS-232C имеют уровни около ± 12 В. Их надо сначала преобразовать в стандартные логические уровни 0–5 В и только после этого подать на последовательный вход микросхемы УСАПП IC1. Для преобразования входных сигналов в нормальные логические уровни используется простейший ключевой каскад, собранный на транзисторе TR1 по схеме с общим эмиттером. Он также обеспечивает необходимую инверсию входного сигнала. Резистор R4 и конденсатор C1 формируют на соответствующем входе микросхемы IC1 положительный импульс начальной установки при включении питания. Установкой соответствующих уровней на выводах 35–39 программируется формат слова. Комбинация, показанная на рисунке, обеспечивает следующий формат последовательного кода: 1 стартовый бит, 8 бит данных, 1 стоповый бит, без бита контроля четности. Вывод 34 соединен с шиной питания +5 В, так что двоичная комбинация битов конфигурации на выводах 35–39 записывается в управляющий регистр IC1. Декодированные байты данных в параллельном коде появляются на выводах 5–12, а так как вывод 4 соединен с шиной 0 В, то выходы микросхемы не переходят в высокоимпедансное состояние и сигналы присутствуют на них постоянно. В подобном случае перевод выходов в высокоимпедансное состояние не нужен, но при необходимости это обеспечивается подачей управляющего сигнала соответствующего логического уровня на вывод 4 микросхемы IC1.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ИНТЕРФЕЙСА RS-232 В RS-485

Для нормальной работы данной схемы нужен всего лишь трехпроводной, минимальный вариант протокола RS-232, а также источник питания с напряжением



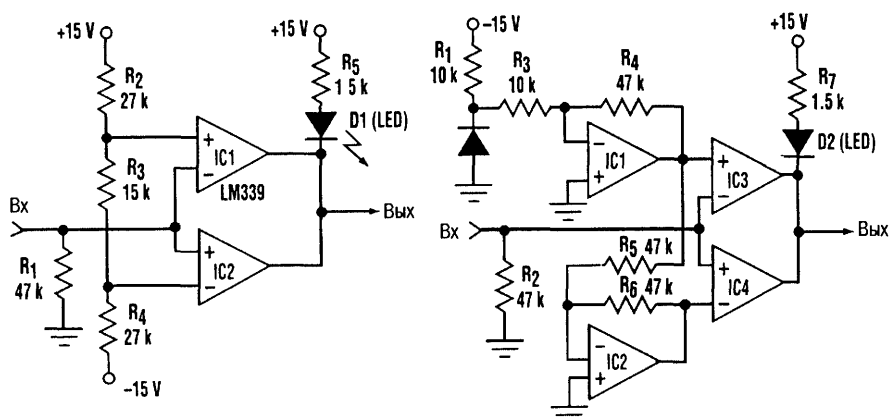
Electronic Design

Рис. 20.6

от +10 до +15 В для организации двунаправленной линии связи, по которой можно обмениваться данными на скоростях приема/передачи до десятков килобод. Схема работает следующим образом: когда нет связи ни по RS-232, ни по RS-485 (порт RS-232 в состоянии **ТОКОВАЯ ПОСЫЛКА**, все устройства на линии RS-485 неактивны), оба провода RS-485 находятся в состоянии лог. 1, которое задается резистором привязки с сопротивлением 1200 Ом. В таком состоянии верхний (по схеме) компаратор поддерживает линию RCD интерфейса RS-232 под отрицательным напряжением, то есть в состоянии **ТОКОВАЯ ПОСЫЛКА**. Если через порт RS-232 передается знак, то такая передача начинается с положительного импульса (состояние **БЕСТОКОВАЯ ПОСЫЛКА**), соответствующего стартовому биту на линии TXD. Соответственно на линию «-» интерфейса RS-485 через транзистор 2N4401 подается положительный потенциал, и напряжение на ней становится больше, чем на линии «+»; таким образом передается стартовая посылка по кабелю RS-485. Одновременно с этим нижний компаратор, включенный с верхним по схеме монтажного ИЛИ (оба компаратора в микросхеме LM393 имеют выходы с открытым коллектором), удерживает линию RCD интерфейса RS-232 на низком логическом уровне, предупреждая поступление передаваемых данных обратно в RS-232. Приемная линия порта RS-232 остается свободной. Передача остальных битов символа происходит тем же самым образом. Когда она инициируется одним из устройств на шине RS-485, то процесс начинается с активизации передатчика RS-485 и установки потенциала линии «-» выше потенциала линии «+». При этом верхний компаратор микросхемы LM393 освобождает линию RCD, а нижний компаратор не мешает появлению на ней положительного потенциала.

Биты данных поступают на приемную линию порта RS-232, причем имеют двухполярные уровни напряжения, соответствующие стандарту на интерфейс RS-232. По максимально допустимому уровню синфазных и по подавлению наведенных шумов и помех эта схема вполне совместима со спецификациями стандарта RS-485. Максимальная скорость передачи через преобразователь ограничивается в основном нагрузочной способностью выхода компаратора, работающего на кабель с большой погонной емкостью.

ТЕСТЕР ДЛЯ КАБЕЛЕЙ RS-232

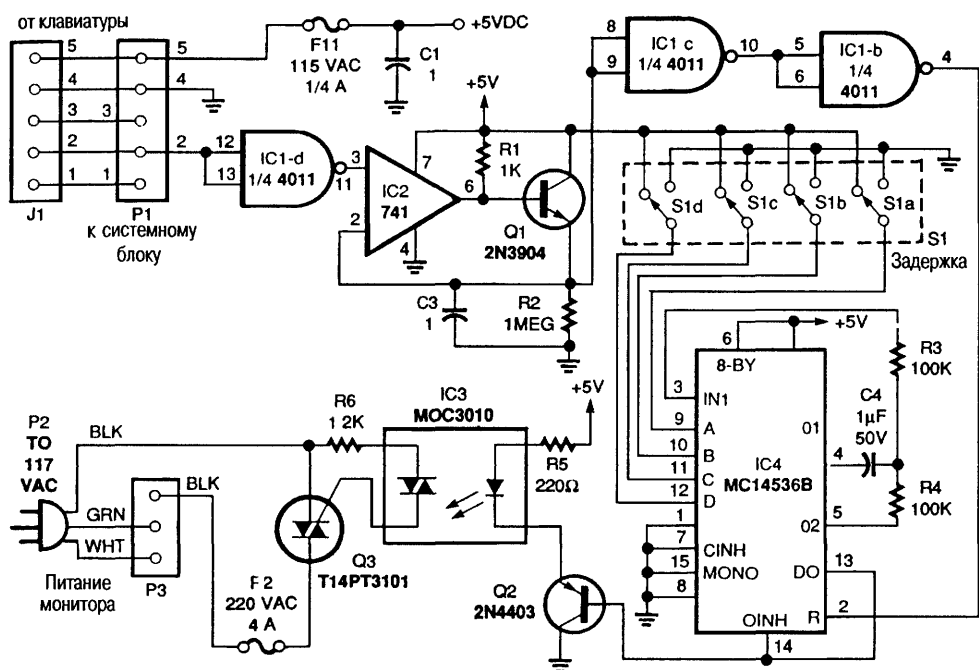


Electronic Design

Рис. 20.7

Предлагаемый тестер представляет собой двухуровневый компаратор напряжения, в котором нижний и верхний пороговые уровни выставлены соответственно на +3,0 В и -3,0 В резисторами R2, R3 и R4. Когда устройство не подключено к линиям RS-232, на резисторе R1 низкое напряжение (практически 0 В), и светодиод D1 на выходе компаратора выключен. Если проверяемый провод кабеля является какой-либо линией интерфейса RS-232, то при подключении к нему устройства напряжение в точке IN будет находиться в одном из двух пределов: либо между +3 и +12 В, либо между -3 и -12 В. В обоих случаях на одном из двух выходов компаратора появится низкий уровень напряжения. При этом включится светодиод, указывая на наличие провода, соединенного с выходом RS-232. Компаратор должен быть типа LM339 или аналогичным (то есть иметь выходы с открытым коллектором). Недостатком данной схемы является то, что пороги срабатывания компаратора сильно зависят от напряжения питания устройства. Для устранения этой проблемы пороги на входах компараторов должны задаваться схемой, использующей в качестве опорного прямое падение напряжения на обычном кремниевом диоде, которое затем приводится к необходимым уровням при помощи операционных усилителей IC1 (+3 В на его выходе) и IC2 (простого инвертора).

ЭКОНОМАЙЗЕР ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

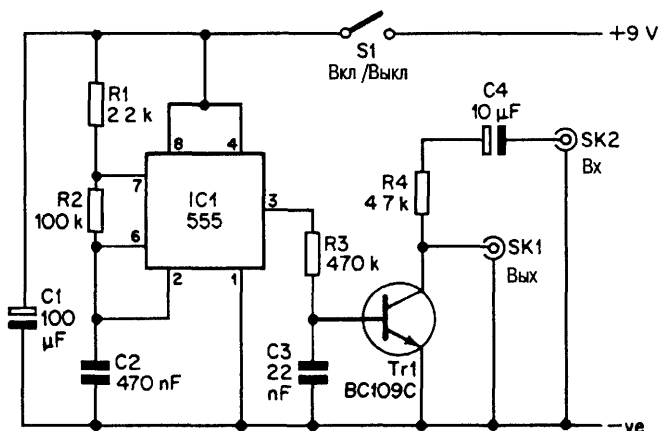


Electronics Now

Рис. 20.8

На рисунке изображена схема устройства, в котором с выхода низкочастотного генератора на счетный вход многоразрядного двоичного счетчика непрерывно поступают тактовые импульсы. Когда состояние счетчика достигает установленной DIP-переключателем S1 величины, схема выключает симистор Q3, тем самым прерывая подачу переменного напряжения 120 В на монитор. Схема контроля состояния клавиатуры поддерживает питание монитора включенным во время активной работы с клавиатурой, причем счетчик обнуляется при каждом нажатии на кнопки, пока они нажимаются с интервалами, меньшими времени задержки схемы. Следовательно, работа в полном разгаре, и на монитор надо подавать напряжение. Если же на кнопки не нажимали достаточно долго, то в целях экономии электроэнергии питание монитора будет отключено. Когда компьютер включается, одна из процедур его базовой системы ввода/вывода (BIOS) опрашивает клавиатуру, которая в свою очередь посылает серию контрольных слов обратно в микропроцессор для определения своего состояния. Линия данных имеет высокий уровень (+5 В), а данные передаются отрицательными импульсами. Первый каскад силовым пинчером инвертирует тип логики, делая ее положительной, с передачей данных положительными импульсами

«КОМПЬЮТЕРНЫЙ ГОЛОС»



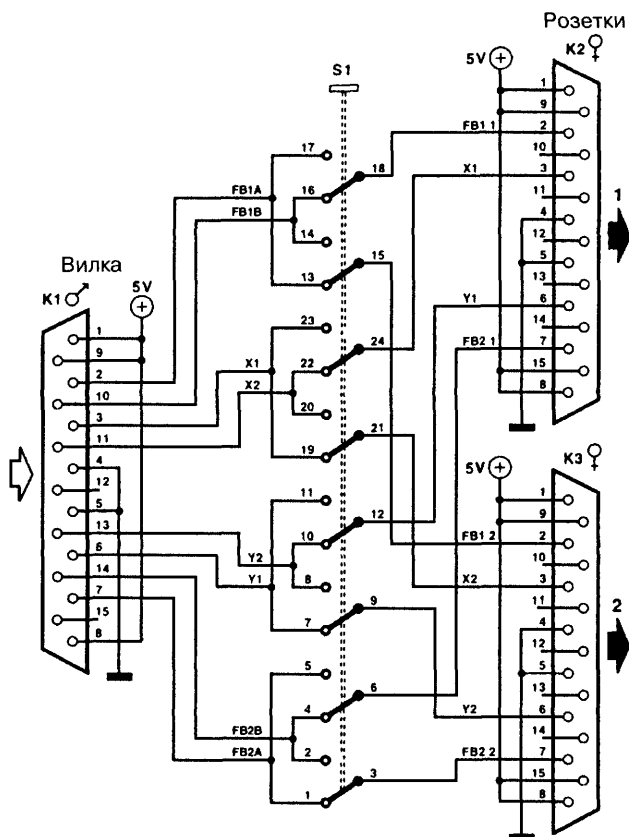
Electronics Experimenters Handbook

Рис. 20.9

Эта схема может пригодиться для имитации «голоса компьютера» – эффекта, часто используемого при съемках фильмов, в устройствах сигнализации и в телевизионных программах. Устройство состоит из двух блоков: генератора модулирующего сигнала и собственно модулятора. Первый собран на микросхеме таймера 555 и включен в режиме импульсного генератора, а частота генерации выбрана близкой к 10 Гц и определяется сопротивлением резисторов R1, R2 и емкостью конденсатора C1. В схеме использован очень простой модулятор, но работает он вполне приемлемо. Искажения создают новые частотные составляющие в спектре исходного сигнала, которые полностью меняют тембр и гармонический состав голоса, делая его менее похожим на оригинал. Большие искажения нежелательны: они заметно влияют на разборчивость выходного голосового сигнала. Транзистор TR1 используется в качестве управляемого напряжением резистора и вместе с R4 образует управляемый напряжением аттенуатор.

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ДЛЯ ДЖОЙСТИКОВ

Карты ввода/вывода и звуковые карты обычно имеют игровой порт, представляющий собой 15-выводный разъем, рассчитанный на использование двух джойстиков. К сожалению, многие программы работают только с одним из них. Поскольку для разных программ применяются различные типы джойстиков (особенно в современных имитаторах полетов – в них можно использовать самые совершенные, специализированные игровые манипуляторы), необходимо часто менять их, то есть постоянно «передергивать» разъемы. Это очень утомительная процедура, поскольку разъемы для джойстиков всегда располагаются на задней панели компьютера. Более того, при частых переключениях разъемы можно повредить. Предлагаемая схема позволяет переключать игровые манипуляторы простым



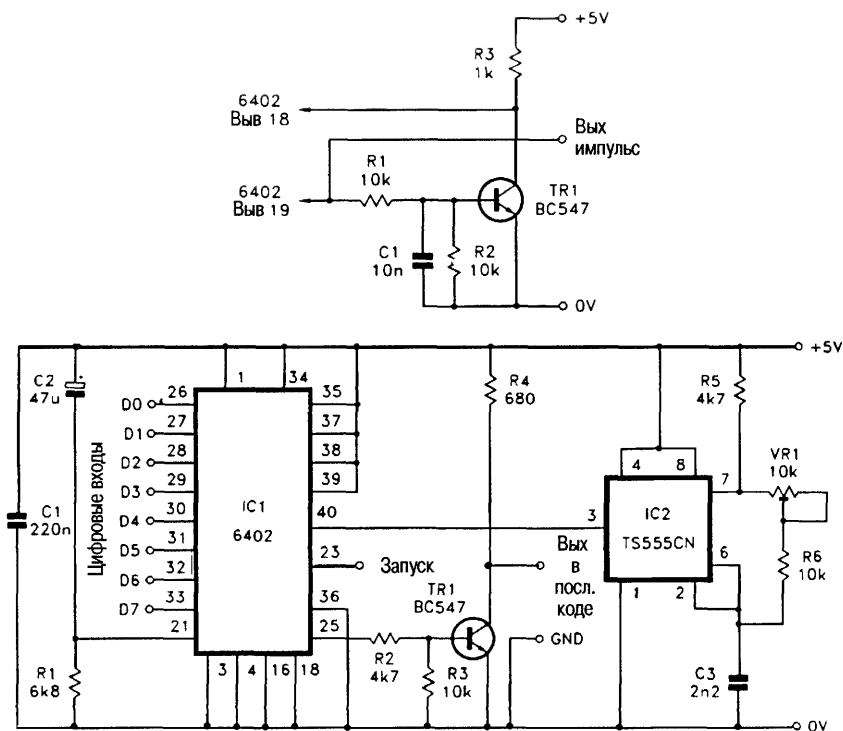
Elektor Electronics

Рис. 20.10

нажатием на кнопку. Таким образом, к компьютеру подключаются два разных джойстика, и пользователю легко выбрать нужный. Например, используя переключатель на восемь направлений, можно управлять джойстиками, содержащими по два потенциометра (X и Y) и две кнопки (1 и 2).

ПЕРЕДАТЧИК ДЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО КАНАЛА

Эта схема производит все основные операции по преобразованию параллельного кода в последовательный и передаче данных. В данном случае выходы задания режима и формата последовательного кода включены для получения формата слова, состоящего из 1 стартового бита, 8 битов данных и 1 стоп-бита, без бита контроля четности. Потенциометром VR1 выставляется скорость передачи 1200 бод. Регулировка производится методом проб и ошибок до тех пор, пока компьютер не будет надежно декодировать передаваемые последовательные данные. Если же имеется частотомер, то достаточно выставить на выводе 3 таймера IC2 выходную частоту равную 19,2 кГц.

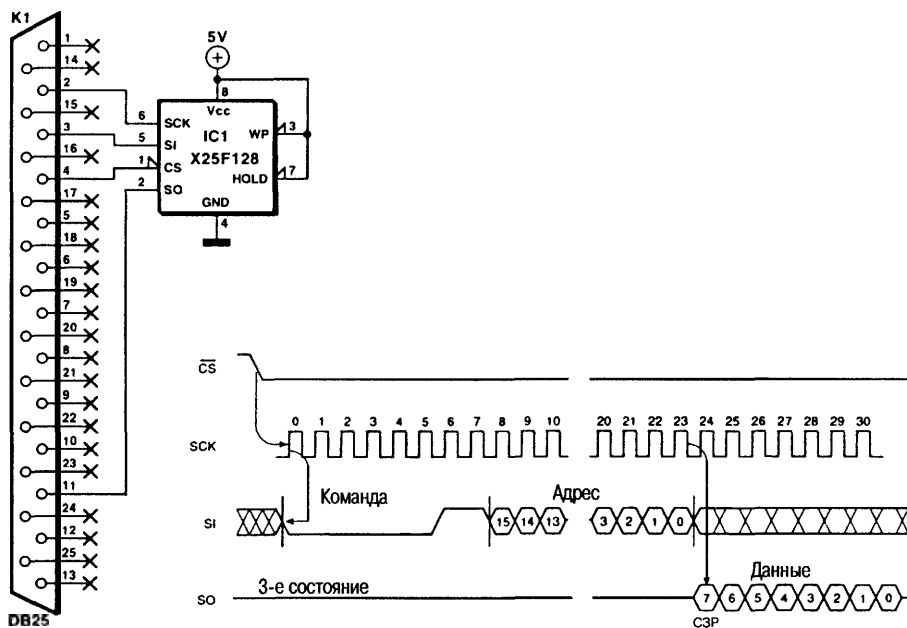


Everyday Practical Electronics

Рис. 20.11

ИНТЕРФЕЙС ФЛЭШ-ЭСППЗУ ДЛЯ ПК

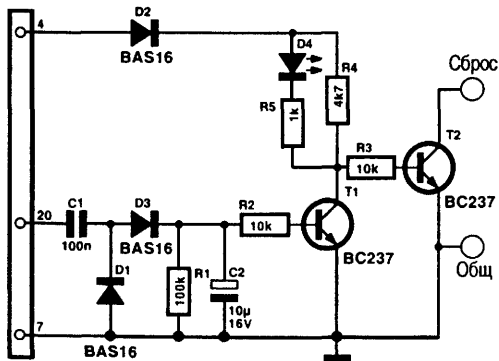
В современном оборудовании часто используются микросхемы ЭСППЗУ с последовательным интерфейсом для хранения данных, которые не должны быть утеряны. Показанная схема дает возможность программировать и считывать информацию из таких микросхем через параллельный порт компьютера. Поскольку последовательный интерфейс флэш-ЭСППЗУ точно такой же, как и у обычных ЭППЗУ, эти устройства могут работать совместно. Следовательно, такую схему можно использовать для работы с обоими типами данных устройств. Микросхема переходит в активный режим при подаче напряжения низкого уровня на вывод $\overline{CS}$ (выбор кристалла). Команда ЧИТАТЬ, за которой следует адрес ячейки, откуда необходимо считать данные, подается на вывод SI (последовательный вход). После приема последнего бита адреса на выводе SO (последовательный выход) появляются данные. В некоторых моделях компьютеров линии данных параллельного порта в режиме передачи могут быть с открытым коллектором, что потребует их привязки к высокому уровню. В таком случае следует установить несколько резисторов сопротивлением 4,7 кОм между выводами порта и положительной шиной питания (для вывода SO этого делать не нужно).



Elektor Electronics

Рис. 20.12

САМОКОНТРОЛЬ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА



Elektor Electronics

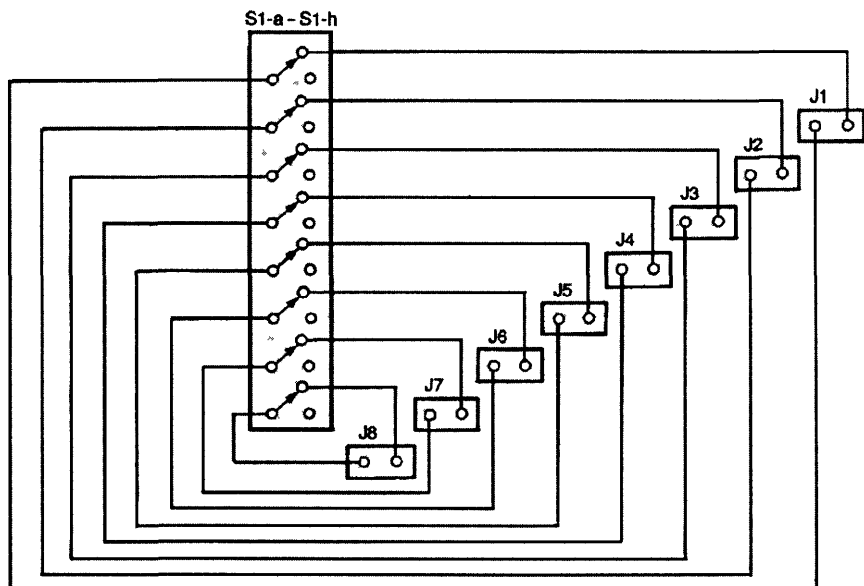
Рис. 20.13

Устройство самоконтроля предназначено для наблюдения за микропроцессором и определения правильности его работы. Оно может использоваться в фоновом режиме на любом ПК, который работает под управлением DOS или Windows. Устройство и его программное обеспечение рассчитаны на управление компьютером по последовательному порту. После включения компьютера линия передачи данных последовательного порта устанавливается в низкий логический уровень. Одновременно с выбранным приложением запускается программное обеспечение самоконтроля. Оно обеспечивает непрерывную генерацию прямоугольного сигнала на выводе 20 разъема последовательного порта, импульсное напряжение выпрямляется и заряжает конденсатор C2; при этом открывается транзистор T1. На выводе 4 программно устанавливается высокий уровень, так что сигнал СБРОС на компьютер не проходит. Это

Устройство самоконтроля предназначено для наблюдения за микропроцессором и определения правильности его работы. Оно может использоваться в фоновом режиме на любом ПК, который работает под управлением DOS или Windows. Устройство и его программное обеспечение рассчитаны на управление компьютером по последовательному порту. После включения компьютера линия передачи данных последовательного порта устанавливается в низкий логический уровень. Одновременно с выбранным приложением

условие верно до тех пор, пока основная программа работает нормально. Если компьютер «зависает», прямоугольный сигнал перестает поступать, и конденсатор C2 разряжается через резистор R1. Тогда транзистор T1 закрывается, а T2 открывается и таким образом формирует сигнал СБРОС. После этого происходит перезагрузка. Надо отметить, что схема работает правильно только в том случае, если компьютер при перезапуске по команде СБРОС производит инициализацию последовательного порта, поскольку очень важно сбросить высокий уровень на выводе 4. Устройство перейдет в нормальное состояние и снимет сигнал СБРОС только тогда, когда на выводе 4 появится низкий уровень. После этого компьютер может снова работать.

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ АДРЕСОВ SCSI-ИНТЕРФЕЙСА

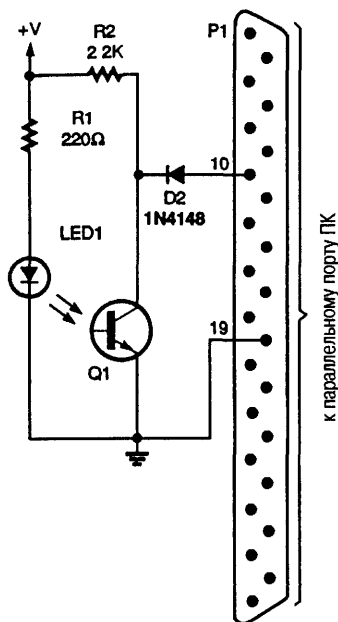


Popular Electronics

Рис. 20.14

Устройство состоит из переключателя на 8 направлений в корпусе DIP, ленточного кабеля длиной около 610 мм и 8 компьютерных перемычек. На рисунке показана принципиальная схема устройства. Перемычки надеваются на контакты адресной колодки ID жесткого диска с интерфейсом SCSI. С помощью переключателя эти адреса ID могут быть произвольно переопределены. В любой допустимой конфигурации загрузочным становится тот физический накопитель, который имеет самый низкий адрес SCSI ID. Остальные располагаются в порядке возрастания адресов.

ИНФРАКРАСНЫЙ СЧИТЫВАТЕЛЬ КАРТОЧЕК ДЛЯ ПК



ElectronicsNow

Рис. 20.15

Светодиод является источником инфракрасного излучения большой мощности. Он подключен к источнику питания через токоограничительный резистор R1. При напряжении питания 9 В и сопротивлении резистора R1 220 Ом светодиод будет работать при токе около 25 мА. При напряжении питания 5 В сопротивление резистора R1 должно быть 150 Ом, чтобы ток светодиода остался на уровне 25 мА. Излучение возбуждает pnp-фототранзистор Q1, который включен по схеме обычного инвертирующего усилителя. Чем больше света попадает на фототранзистор, тем меньше становится выходное напряжение на его коллекторе. При сопротивлении резистора R2 2,2 кОм схема формирует ТТЛ-совместимые логические уровни. Выходной сигнал фототранзистора Q1 подан на одну из линий данных параллельного порта ПК. Диод D2 позволяет использовать источники питания с напряжением больше 5 В, поддерживая при этом ТТЛ-совместимые логические уровни даже при высоком напряжении питания. Если напряжение на коллекторе фототранзистора Q1 превысит уровень 5 В, D2 закроется и тем самым защитит параллельный порт. С другой стороны, когда на коллекторе фототранзистора Q1 устанавливается низкий уровень, D2 открывается, и это состояние может быть передано в порт.

Тексты программ приведены в листингах 1–3.

Листинг 1. Основная программа

```
REM*****
REM** SWIPE.BAS V950121 (0) 1995, JJ Barbarello *****
REM** ЗАМЕЧАНИЕ: ЭТО НЕКОМПИЛИРУЕМАЯ ВЕРСИЯ *****
REM*****
CLEAR t CLS I DEFINT A-Z: DEFSTR Y-Z: DIM x(16)
DEF SEG =64: ON ERROR GOTO errortrap
OPEN "R", 1, "BITPORT.DAT": FIELD 1, 4 AS a$
IF LOF(1) = 0 THEN
a1 = PEEK(8) + 256 * PEEK(9) + 1
ELSE
GET 1, 1: a1 = VAL(a$) + 1
END IF
CLOSE 1
REM***** ОСНОВНОЙ ЦИКЛ ПРОГРАММЫ
start1:
```

```
GOSUB screenlayout
WHILE (INP(a1) AND 64) = 0
a$ = INKEY$: IF a$ <> "" THEN GOTO readytoend
WEND
x = 0: j = 0: start! = TIMER
readholes:
WHILE (INP(a1) AND 64) = 64: WEND
X = 0: WHILE (INP(a1) AND 64) = 0: X = X + 1: WEND
j = j + 1: x(j) = x
IF x = 0 OR (TIMER - start!) > 2 THEN ERROR 6
IF j < 16 THEN GOTO readholes
done1:
VIEW PRINT 3 TO 24: CLS : VIEW PRINT: BEEP
stat = 0: ttl = 0
FOR i = 2 TO 16
SELECT CASE stat
CASE IS = 0
IF x(i) > 1.5 * x(i - 1) THEN
ttl = ttl + 2 ^ (i - 2): stat = 1
ELSE
stat = 0
END IF
CASE IS = 1
IF x(i) < .667 * x(i - 1) THEN
stat = 0
ELSE
ttl = ttl + 2 ^ (i - 2): stat = 1
END IF
CASE ELSE
ERROR 6
END SELECT
NEXT
LOCATE 14, 3
LOCATE 10, 35: PRINT "ОПРЕДЕЛЕН ID:"; ttl
GOSUB screenlayout
GOTO start1
readytoend:
IF a$ = CHR$(27) THEN CLS : LOCATE 18, 1, 1: END
BEEP: GOTO readholes
REM**
REM** SCREEN LAYOUT - ВЫВОД НА ЭКРАН
REM**
screenlayout:
LOCATE 1, 34, 0: PRINT "КАРТОЧКА Pc SWIPE";
LOCATE 2, 1: PRINT STRING$(79, 220)
LOCATE 18, 35: COLOR 23, 0: PRINT "Подождите....."
COLOR 7, 0
LOCATE 21, 33: PRINT "(Для завершения нажать ESC)"
RETURN
REM**
```

```

REM** ERROR TRAP - ОБРАБОТКА ОШИБОК
REM**
errortrap:
IF ERR = 6 THEN
SOUND 500, 1
CLS : LOCATE 1, 34: PRINT "КАРТОЧКА Pc SWIPE";
LOCATE 2, 1: PRINT STRING$(79, 220): COLOR 0, 7
LOCATE 9, 25: PRINT SPACE$(34)
LOCATE 10, 25: PRINT " Ошибка при считывании карты Swipe Card. "
LOCATE 11, 25: PRINT " Дождитесь сигнала и повторите операцию. "
LOCATE 12, 25: PRINT SPACE$(34): COLOR 7, 0
start! = TIMER
WHILE (TIMER - start!) < 1: WEND: CLS
END IF
BEEP
RESUME start!

```

Листинг 2. Тестовая программа

```

REM*****
REM** SWIPETST.BAS 1/20/95 **
REM*****
CLEAR : CLS: DEFINT A-X: DEF SEG = 64
a1 = PEEK(8) + 256 * PEEK(9) + 1
LOCATE 1, 34, 0: PRINT "ТЕСТ ПРОГРАММЫ PcSWIPE"
LOCATE 2, 1: PRINT STRING$(79, 220)
LOCATE 4, 31: PRINT "(Для завершения нажать ESC)"
previous = (INP(a1) AND 64) / 64
LOCATE 10, 39
IF previous = 1 THEN PRINT "HI" ELSE PRINT "LO"
loop01:
a = (INP(a1) AND 64) / 64
a$ = INKEY$: IF a$ <> "" THEN GOTO endit
LOCATE 10, 39
IF a = 1 AND previous = 0 THEN
SOUND 600, 1
PRINT "HI"
previous = 1
ELSEIF a = 0 AND previous = 1 THEN
SOUND 100, 1
PRINT "LO"
previous = 0
END IF
GOTO loop01
endit:
END

```

Листинг 3. Преобразование десятичной системы в двоичную

```

REM*****
HEM** SWIPENOS.BAS 1/20/95 **
REM*****
CLEAR : CLS : DIM n$(14)

```

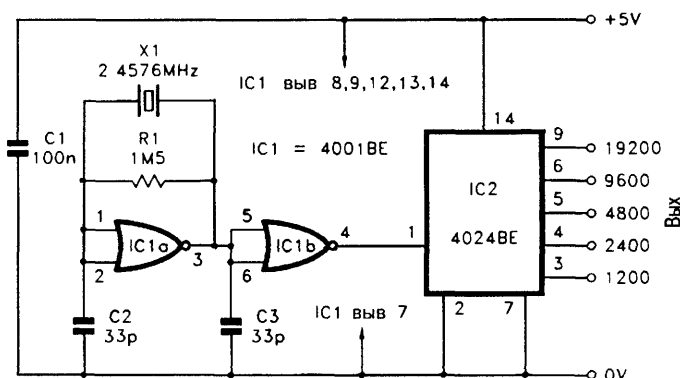
```

LOCATE 1, 23: PRINT "Десятично-двоичный преобразователь PC SWIPE "
LOCATE 2, 1: PRINT STRING$(79, 220)
loop1:
LOCATE 6, 23: INPUT "Ввести десятичное число (0 to 32767).."; n
IF n < 0 OR n > 32767 THEN
BEEP
LOCATE 6, 20: PRINT SPACE$(50)
GOTO loop1
END IF
number = n
FOR i = 14 TO 0 STEP -1
bin = 2 ^ i
IF bin <= n THEN n = n - bin: n$(i) = CHR$(79) ELSE
n$(i) = CHR$(248)
NEXT
LOCATE 10, 1
LOCATE 10, 23: PRINT CHR$(218); STRING$(33, 196);
CHR$(191)
FOR i = 11 TO 15
LOCATE i, 23
PRINT CHR$(179); SPACE$(33); CHR$(179)
NEXT i
LOCATE 16, 23: PRINT CHR$(192); STRING$(33, 196);
CHR$(217)
LOCATE 13, 25: PRINT "Ref"; : LOCATE 14, 25: PRINT
CHR$(179);
LOCATE 15, 25: PRINT CHR$(248); " ";
FOR i = 0 TO 14
PRINT n$(i); " ";
NEXT i
LOCATE 12, 35: PRINT USING "ID: #####"; number
LOCATE 20, 23: PRINT "Любая клавиша - повтор. ESC - выйти...";
LOCATE 6, 23: PRINT SPACE$(50)
a$ = INPUT$(1)
IF ASC(a$) = 27 THEN END
LOCATE 20, 23: PRINT SPACE$(50)

```

ГЕНЕРАТОР СТАНДАРТНЫХ ТЕЛЕГРАФНЫХ ЧАСТОТ

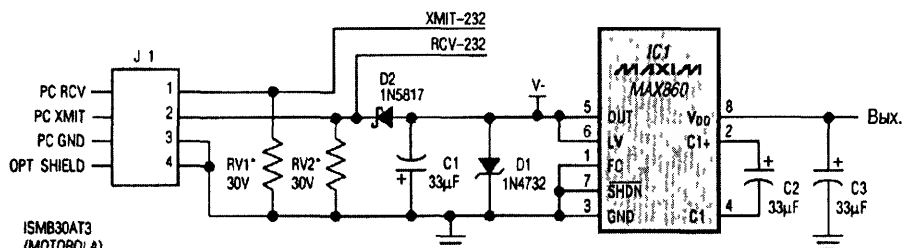
Логический элемент IC1а используется в схеме обычного кварцевого генератора, а IC1в – как буферный каскад. Микросхема IC2 – это обычный 7-разрядный двоичный счетчик типа 4024BE, изготовленный по КМОП технологии, и на его тактовый вход подается сигнал частотой 2,4576 МГц с выхода микросхемы IC1в. Два первых разряда счетчика IC2 не задействованы, а на остальных пяти выходах формируются тактовые сигналы с частотами, кратными стандартным скоростям передачи по телеграфу от 1200 до 19200 бод. Конечно, каждая такая тактовая частота в 16 раз выше величины в бодах. Эти частоты на выходах микросхемы IC2 будут в диапазоне от 19,2 до 307,2 кГц.



Everyday Practical Electronics

Рис. 20.16

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ +5 В ИЗ ТРЕХПРОВОДНОГО ПОРТА RS-232



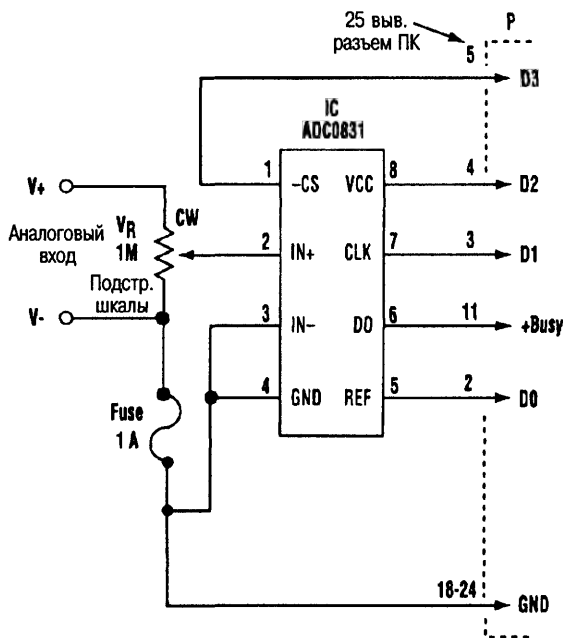
Maxim Engineering Journal

Рис. 20.17

Эта схема дает «полустабильзованное» выходное напряжение 5 В, получаемое из напряжения сигналов, которые передаются через порт RS-232. Выходной ток – около 8 мА. Этого достаточно для питания КМОП микроконтроллеров и других микромощных схем. Микросхема IC1 – преобразователь напряжения на переключаемых конденсаторах с подкачкой заряда, который может не только инвертировать входное напряжение, но и удваивать его. Показанное на рисунке включение обеспечивает режим удвоения напряжения, но питание подано не так, как в стандартной схеме: обычно положительное входное напряжение поступает на выводы GND и OUT, а здесь отрицательное входное напряжение подается на выводы OUT и GND. Затем микросхема удваивает отрицательное напряжение V_{in} в положительном направлении, формируя на выходе положительное напряжение (вывод V_{dd}) равное V_{in} по величине. Стабилитрон D1 действует как параллельный стабилизатор, который «полустабильзует» V_{in} на уровне –5 В (в действительности около –4,7 В). Показанные на схеме конденсаторы имеют емкость 33 мкФ – большую, чем обычно используется в подобных устройствах. Это необходимо для

уменьшения уровня пульсаций напряжения при максимальной нагрузке (передача слова «все нули»). На скорости 9600 бод, например, передача слова «все нули» вызывает уменьшение выходного напряжения примерно на 0,2 В. При более низких скоростях емкость этих конденсаторов надо увеличить.

АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ,
УПРАВЛЯЕМЫЙ КОМПЬЮТЕРОМ



Electronic Design

Рис. 20.18

Таблица 20.18

Команды АЦП	
Данные параллельного порта	Действие АЦП
00000	Все выключено
00100	Включить АЦП
00101	Задний фронт тактового сигнала
00111	Передний фронт тактового сигнала
01101	Выключить АЦП

Этот простой и недорогой аналого-цифровой преобразователь с управлением от компьютера включается в параллельный порт ПК. Для сборки 8-разрядного периферийного устройства требуется всего 7 дискретных элементов. Устройство управляется короткой программой на языке BASIC.

Тексты программ приведены в листингах 1, 2.

Листинг 1. Организация работы платы АЦП

```
*****
'Программа написана Барри Фоссом на языке BASIC и служит для
'организации работы платы АЦП под управлением компьютера
*****
'определение переменных
  DIM addout AS INTEGER
  DIM addin AS INTEGER
'график
  DIM graph(3000)
'используемые переменные
'bitin - вводимый бит для составления очередного слова от АЦП
'word - очередное слово, составленное из всех bitin
'lastvoltage - результат предыдущего измерения, который исполь-
'              зуется для определения количества знакомест
'              в числе, уже выведенном на дисплей
'voltage - рассчитанная величина напряжения, которую надо вы-
              вести на дисплей
*****
'НАСТРОЙКА
*****
'настройка дисплея
  SCREEN 2: WIDTH 80: CLS
'заставка
  LOCATE 1, 10: PRINT " АЦП с компьютерным управлением"
  LOCATE 2, 58: PRINT "напряжение = "
'завершение
  LOCATE 24, 1: PRINT "<ESC> для завершения"
'нарисовать поле графика
  LINE(1, 59)-(601, 161),,B
*****
'адрес параллельного порта
'следующая строка должна содержать:
'  addout = 888, если используется PC-совместимый компьютер
'  addout = 956, если используется IBM (марка компьютера)
'  addout = 632, если используется LPT2
*****
  addout = 888
  addin = addout + 1
```

Листинг 2. Основная программа

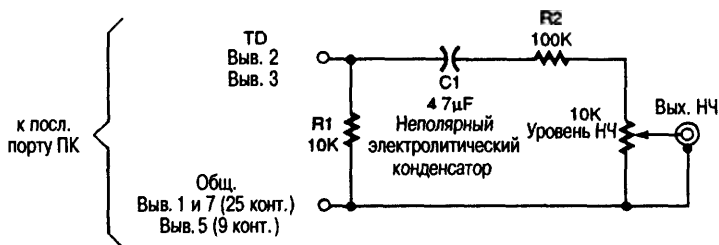
```
*****
'основная программа
*****
DO UNTIL INKEYS = CHR$(27):
  'выполнять до нажатия <ESC>
'получить данные от АЦП
  'обнулить старые данные
```

```
REDIM bitin(8) AS INTEGER
word = 0
'выбрать АЦП
OUT addout, 5
'по этому такту начинается преобразование
OUT addout, 7
OUT addout, 5
'получить слово из 8 бит
FOR a = 7 TO 0 STEP -1
'установить тактовый сигнал в лог. 1
OUT addout 7
'бит доступен по окончании заднего фронта
OUT addout, 5
'получить слово состояния
bitin(a) = INP(addin)
NEXT a
'отключить АЦП
OUT addout, 13
'переформатировать слово старшими разрядами вперед
FOR r, = 7 TO 0 STEP -1
IF btin(r) < 128 THEN word = word + (2 ^ r)
NEXT r
'рассчитать напряжение
voltage = 50 * word/255
'печатать величину напряжения в заданном формате
IF LEN(lastvoltage) > LEN(STR$(INT(voltage * 100)/
100)) THEN LOCATE 2 69: PRINT " "
voltage = INT(voltage * 100)/100
LOCATE 2, 69
PRINT voltage
lastvoltage = voltage
'обновить график
GET (3, 60)-(600, 168) graph
PUT (2, 60), graph, PSET
PSET (599, (160 - (100 * (voltage/50)))
LOOP
'нажатие <ESC> завершает работу программы
'обнулить параллельный порт
OUT addout, 0
END
```

ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ ДЛЯ ПК

Эта схема будет генерировать звуковые сигналы под управлением ПК. Здесь вся хитрость состоит в букве U, точнее – в ее коде ASCII (Американский стандартный код для обмена информацией): шестнадцатеричное значение кода для буквы U равно 055H, что в двоичном исчислении составит 01010101 (при передаче в формате 8 бит без четности или 7 бит с битом проверки на четность). Протокол RS-232

определяет, что биты кода символа ASCII передаются младшими разрядами вперед, им предшествует стартовый бит (всегда 0), а заканчивается посылка стоп-битом (всегда 1). Так, после добавления необходимых для нормальной работы стартового и стопового битов результат будет 1010101010. Теперь предположим, что генерируется строка букв U и передается по последовательному порту на определенной скорости. Результатом будет непрерывная серия чередующихся единиц и нулей – прямоугольный сигнал. Частота сигнала равна половине скорости передачи в бодах, которая по определению есть число изменений состояния в секунду. Каждый период прямоугольного сигнала представляет два таких изменения. Например, скорость передачи 9600 бод дает прямоугольный сигнал частотой 4800 Гц. Почти на каждом компьютере можно формировать сигнал с частотами 55, 150, 300, 600, 1200, 2400 и 4800 Гц, соответствующих стандартным скоростям передачи от 110 до 9600 бод. Выходной сигнал последовательного порта обычно имеет размах около 24 В двойной амплитуды, что значительно больше того уровня, на который рассчитаны входы усилителей низких частот. Предлагаемая приставка снижает уровень генерируемого сигнала до более приемлемой величины, составляющей 2 В двойной амплитуды (его можно сделать еще меньше с помощью потенциометра сопротивлением 10 кОм). Схема также защищает компьютер от разрядов статического электричества и бросков напряжения. неполярный электролитический конденсатор C1 переходной; он обеспечивает развязку по постоянному току, необходимую ввиду того, что на неактивном последовательном порте выходное напряжение бывает около 12 В.



Electronics Now

Рис. 20.19

Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
6402			Контроллер последовательного интерфейса
1N4732		KC147	
2N4401	KT6103, KT6117	KT504	
2N4403	KT6102, KT6116	KT505	

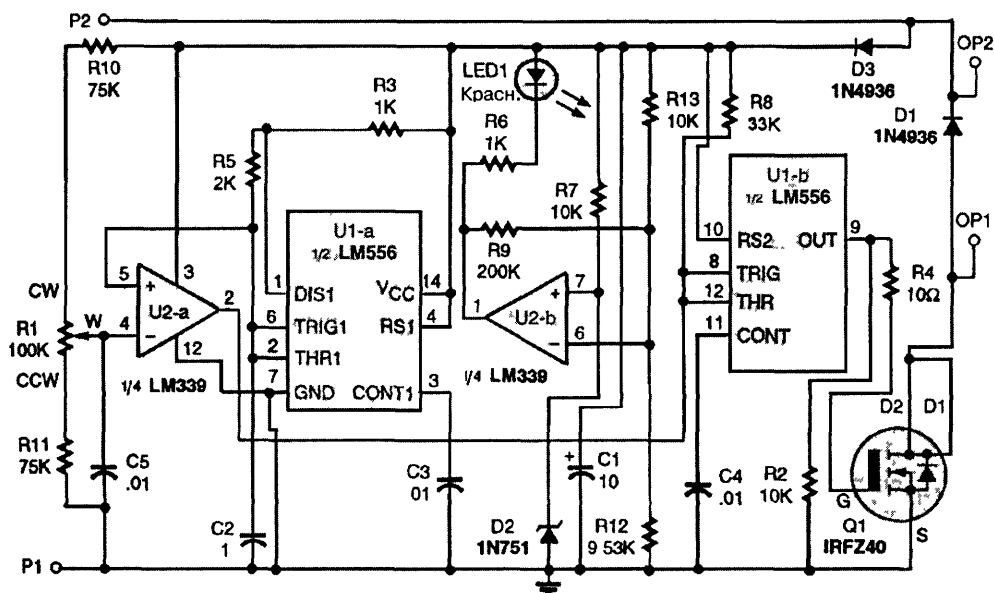
Аналоги и возможные замены (окончание)

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
ADC0831			АЦП последовательного приближения средней скорости (до 1 МГц) со скоростным последовательным интерфейсом
BAS16		КД510А	
BC109C		КТ342	
BC237		КТ3102	
BC547		КТ3102, КТ645А	
MC14536В			Специальный КМОП многоразрядный счетчик, с возможностью предварительной записи, встроенным тактовым генератором и контроллером режимов (непрерывный счет, однократный счет, счет с перезагрузкой и т.д.)
MC1489	КР559ИП20		
МОС3010			Оптрон для управления симистором со схемой детектора перехода через ноль
SM1101В			Микроконтроллер, программируемый на языке BASIC, собранный на базе PIC16C54A
T14PT3101		ТС106-10-4-8	
X25F128			Флэш-ЭСППЗУ с последовательным управлением
ZN426E			Любой 8-разрядный КМОП ЦАП

ГЛАВА 21

СХЕМЫ КОНТРОЛЛЕРОВ

НИЗКОВОЛЬТНЫЙ РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ



Popular Electronics

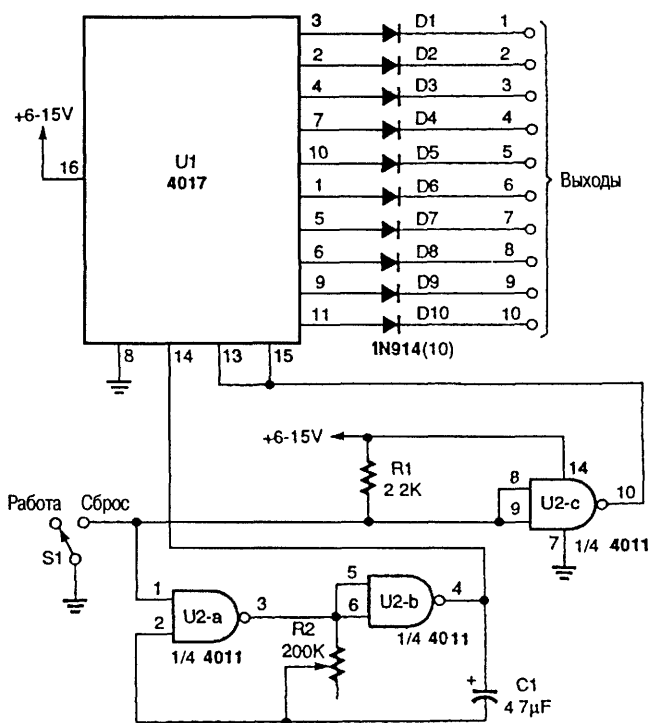
Рис. 21.1

Примечание. Этот регулятор следует использовать только с низковольтными лампами накаливания и электродвигателями постоянного тока с независимым возбуждением.

Регулятор содержит генератор импульсов переменной скважности, на выходе которого могут формироваться либо сигналы ВЫКЛЮЧЕН и ВКЛЮЧЕН, либо импульсы любой скважности. Для питания схемы можно использовать любой источник с напряжением 10–15 В. На микросхемах U1-a и U2-a собран преобразователь напряжения в длительность импульса. Первая половина сдвоенного таймера включена по стандартной схеме генератора импульсов, непрерывно формирующего на конденсаторе C2 сигнал пилообразной формы. Операционный усилитель U2-a сравнивает напряжения на неинвертирующем и инвертирующем входах. Его выходное напряжение будет близким к нулю, если уровень на движке

потенциометра R1 больше, чем мгновенное значение сигнала на выводах 2 и 6 микросхемы U1-а. Соответственно выходной сигнал микросхемы U2-а на выводе 2 будет иметь скажность, пропорциональную напряжению на движке потенциометра R1. Поскольку выходной каскад U2-а не рассчитан на управление затворами мощных МОП транзисторов, его выходной сигнал подается на микросхему U1-b, которая работает как буферный каскад. Мощный импульсный выходной сигнал с вывода 9 микросхемы U1-b поступает на затвор МОП транзистора Q1, полностью его включая или выключая. Диод D1 использован для защиты от выбросов напряжения, генерируемых индуктивной нагрузкой при выключении транзистора Q1. Если схема не предназначена для управления индуктивной нагрузкой (двигателями), то диод D1 можно не устанавливать

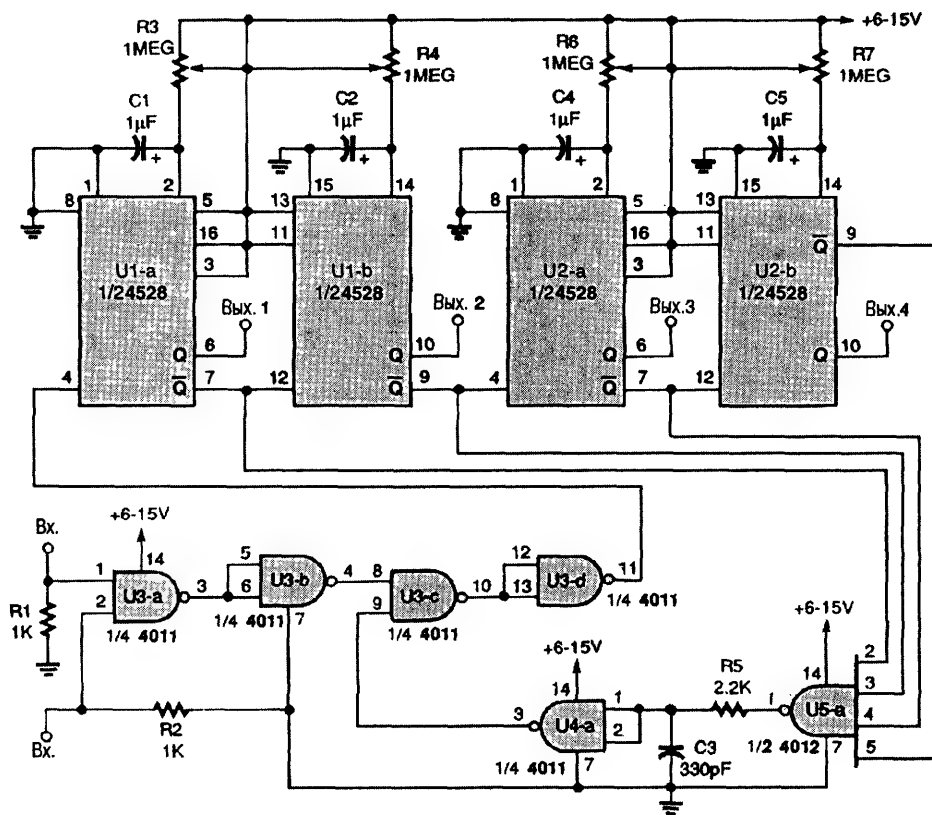
10-ЦИКЛОВЫЙ СЧЕТЧИК ДЛЯ КОНТРОЛЛЕРОВ



Интегральная схема счетчика/делителя на 10 типа 4017 является основой этого простого контроллера на 10 выходов. На 2 логических элементах из состава микросхемы 4011, содержащей 4 логических элемента 2И-НЕ, собран простейший генератор, который формирует тактовые сигналы, поступающие на вход счетчика/делителя

на 10 на микросхеме U1. Длительность одного такта определяется сопротивлением потенциометра R5. При установке переключателя S1 ЗАПУСК/СБРОС в положение ЗАПУСК счетчик на U1 выполняет 10 равных шагов и останавливается. Кратковременное переключение S1 в положение СБРОС и обратно вызывает начало нового цикла.

КОНТРОЛЛЕР С 4 ВЫХОДАМИ



Popular Electronics

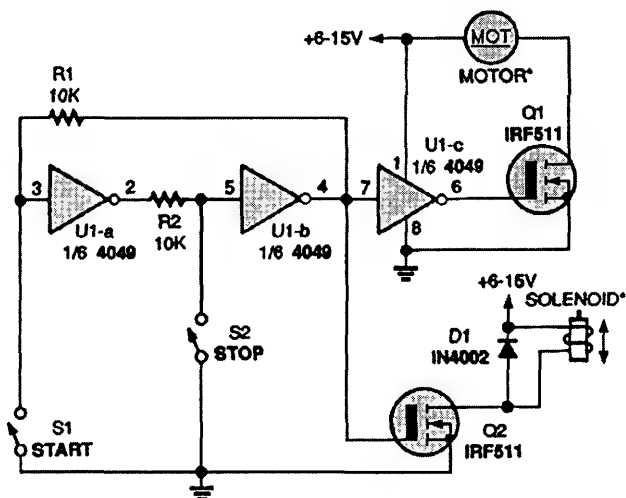
Рис. 21.3

Этот контроллер может формировать до четырех регулируемых по длительности сигналов, которые применяются, в частности, для управления моторами, воздушными или иными клапанами, электромагнитами, реле и т.п. Таймеры на моновибраторах КМОП включены последовательно, так что, когда один из них заканчивает формирование выходного импульса, запускается следующий и т.д., пока последний таймер не завершит работу. Устройство применено в системе, где контроллер должен иметь входы для двух сенсоров и срабатывать только тогда, когда состояния обоих входов меняются одновременно. Естественно, логика сигнала

запуска может быть модифицирована для соответствия любому числу входных сенсоров или же должна запускаться от простого замыкания контактов. Контроллер также снабжен схемой блокировки перезапуска, которая не разрешает прохождение сигнала запуска до тех пор, пока весь цикл контроллера не завершен.

ДВУХПОЗИЦИОННЫЙ КОНТРОЛЛЕР

Контроллер запускает электродвигатель при подаче сигнала СТАРТ и включает соленоид, реле и т.п. при подаче сигнала СТОП.



Popular Electronics

Рис. 21.4

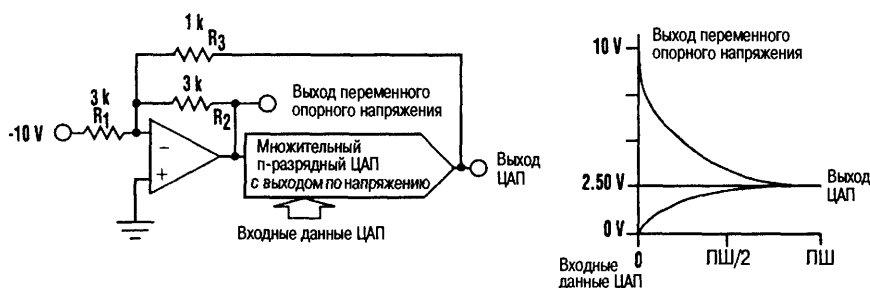
Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
1N4936		КД243	
1N751		КС156	

ГЛАВА 22

СХЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

ЛИНЕЙНЫЙ ЦАП С НЕЛИНЕЙНЫМ ВЫХОДОМ

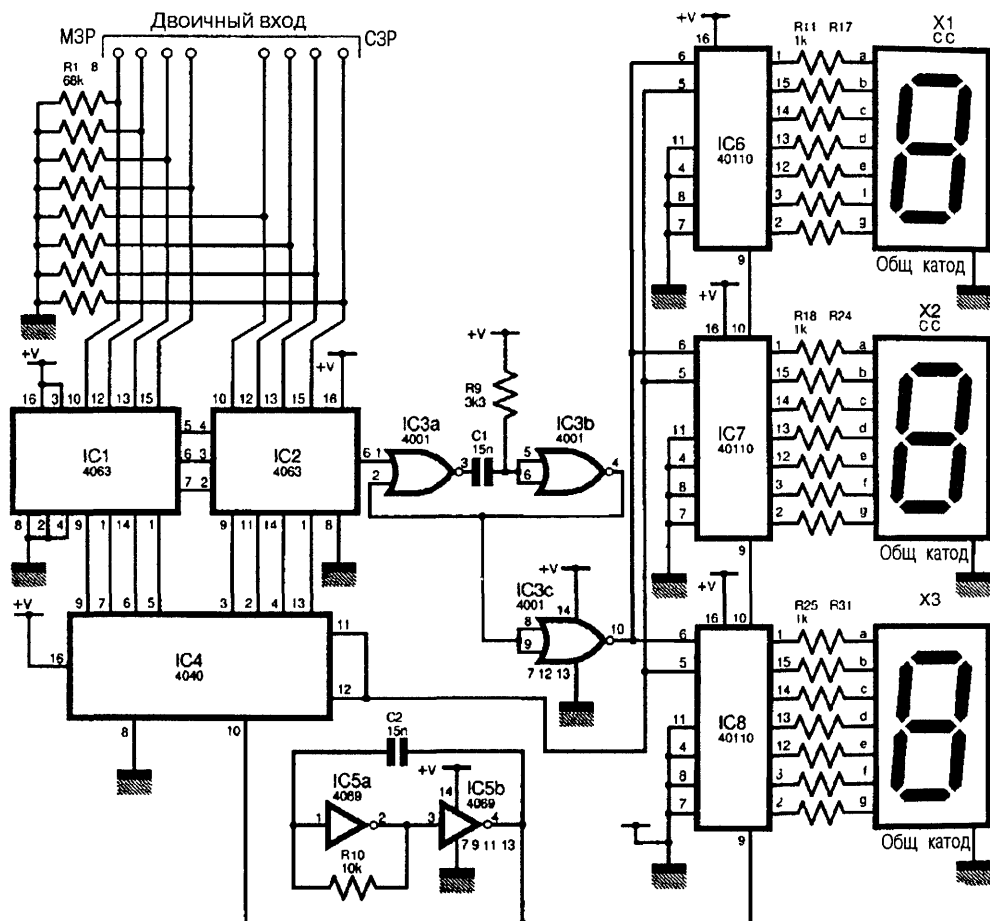


Electronic Design

Рис. 22.1

При управлении нелинейными устройствами, такими как лампы накаливания, желательно иметь высокое разрешение в верхней части шкалы, там, где небольшое изменение тока может вызвать заметное изменение яркости. В нижней части вполне достаточно и более грубого разрешения. С помощью приведенной схемы можно получить любую необходимую степень компрессии, используя практически любой цифро-аналоговый преобразователь. Отрицательное опорное напряжение -10 В через резистор $R1$ подано на инвертирующий усилитель $A1$, начальное усиление которого равно единице и определяется резистором $R2$. Выходное напряжение усилителя $A1$ служит переменным положительным опорным напряжением для цифро-аналогового преобразователя. При этом его выходное напряжение обеспечивает дополнительную обратную связь через резистор $R3$, снижая коэффициент передачи усилителя по мере увеличения входного кода преобразователя. Переменное опорное напряжение постепенно уменьшается, причем так, что на каждом следующем шаге изменение выходного напряжения слабее, чем на предыдущем. При указанных на рисунке номиналах, когда входное слово преобразователя достигает максимального значения, опорное напряжение составит $1/4$ от своего начального уровня. В таком случае разрешение по выходному напряжению в верхней части диапазона в 4 раза лучше, чем в нижней. При уменьшении сопротивления резистора $R3$ можно получить еще большую компрессию и сделать разрешение еще выше. В некоторых случаях может оказаться полезным и переменное опорное напряжение.

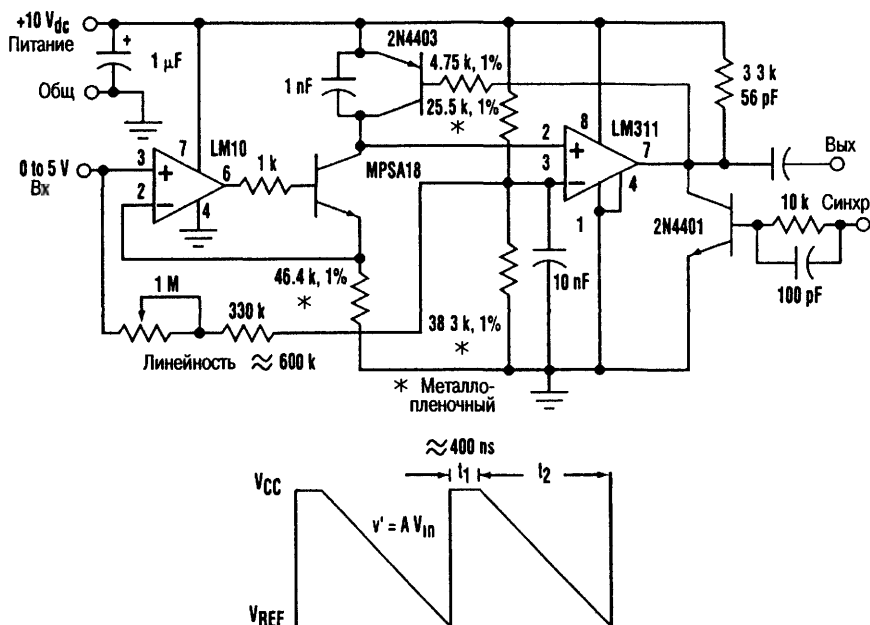
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ 8-РАЗРЯДНОГО КОДА В ДВОИЧНО-ДЕСЯТИЧНЫЙ



Everyday Practical Electronics

Рис. 22.2

При поступлении 8-разрядного числа в двоичном коде на 8 входов схемы десятичное значение кода выводится на три 7-сегментных индикатора. Хотя существуют микросхемы, выполняющие подобное преобразование для одного индикатора, практически ни одно стандартное изделие не может выводить на индикатор число больше 9. В данной разработке не нужны ППЗУ. Она функционирует, используя два синхронизированных счетчика (один из них двоичный), и генерирует на своих выходах 8-разрядные числа в двоичном коде. Второй счетчик – двоично-десятичный, он и управляет индикаторами. Если данные на индикаторе обновляются только тогда, когда на выходе двоичного счетчика присутствует та же величина, что и на входе, то на индикатор будет выводиться десятичное представление входного кода. Микросхема IC4 является двоичным счетчиком, а микросхемы



Electronic Design

Рис. 22.4

величины определяются по соотношению сопротивлений – даже в условиях нестабилизированного напряжения возбуждения и заметного уровня шума. Отличная линейность, составляющая около 4 Гц, получена без применения обратной связи, так что схема имеет очень малый уровень низкочастотного фазового шума даже при измерениях в самом начале полной шкалы. Для получения высокого разрешения и нескольких значащих разрядов можно использовать измерение периода. Дополнительный синхронизирующий транзистор запускает ПНЧ с нулевым зарядом в начале каждого периода счета, устраняя характерное «дрожание» в младшем разряде, часто встречающееся в схемах с ПНЧ. Хорошая линейность достигается за счет того, что опорное напряжение компаратора зависит от входного напряжения, и очень точно компенсирует погрешность от конечного времени разряда конденсатора:

$$\begin{aligned}
 \text{Период} &= t_1 + t_2 \\
 &= t_1 + (V_{cc} - V_{ref}) / AV_{in} \\
 &= (t_1 AV_{in} + V_{cc} - V_{ref}) / AV_{in} \\
 \text{где } AV_{in} &= DV / Dt.
 \end{aligned}$$

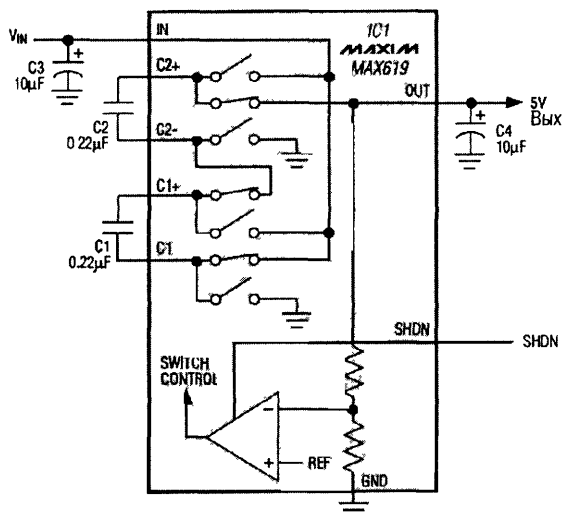
Если V_{ref} будет функцией от $t_1 AV_{in}$, то влияние t_1 устраняется:

$$\text{Период} = (t_1 AV_{in} + V_{cc} - (t_1 + AV_{in} + V_{ref}) / AV_{in} = (V_{cc} - V_{ref}) / AV_{in}$$

Транзистор MPSA18 – это прибор с очень высоким усилением даже при малых токах, что обеспечивает хорошую линейность источника тока вплоть до частоты 0 Гц.

Кроме того, биполярные транзисторы хорошо работают при малом коллекторном напряжении. Это характерно, в частности, для данной схемы, работающей с однополярным питанием +10 В. В ней можно использовать практически любые операционные усилители с однополярным питанием. Но микросхема LM10 содержит также опорный усилитель, который применяется для стабилизации возбуждающего напряжения 10 В. Время задержки распространения микросхемы LM311 определяет длительность импульса сброса (порядка 400 нс), которое позволяет конденсатору полностью разрядиться через транзистор. Кроме того, токи смещения микросхемы LM311 дают небольшое отрицательное смещение по напряжению, которое точно поддерживает выходную частоту 0 Гц при нулевом V_{in} .

ПОВЫШАЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С НАКАЧКОЙ ЗАРЯДА



Maxim Engineering Journal

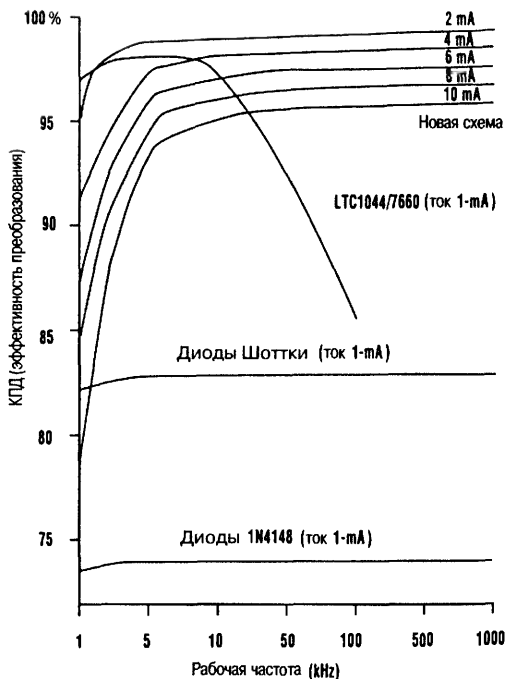
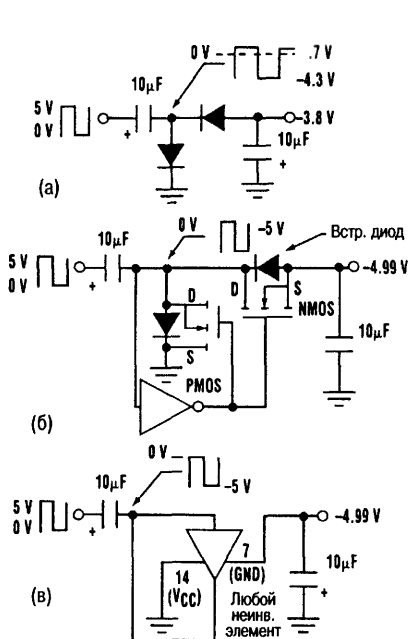
Рис. 22.5

Примечание. Указанное состояние ключей соответствует циклу разряда конденсаторов на нагрузку в режиме утроения напряжения

Это устройство можно применять и как основной источник питания, и как резервный. Оно генерирует стабилизированное выходное напряжение 5 В при токе нагрузки до 20 мА и входном напряжении 1,8–3,6 В. Для входных напряжений больших 3 В выходной ток может достигать 50 мА. Схема стабилизирует напряжение без линейного регулирующего элемента, однако ее потери такие же, что и у нерегулируемого удвоителя или утроителя, работающих совместно с линейным стабилизатором.

восстанавливаются с помощью обычных D-триггеров, включенных в режиме счета. Применение 4-канального изолирующего трансформатора позволяет обеспечить нормальную работу любого АЦП с управлением по последовательному каналу. Цикл преобразования начинается, когда сигнал низкого уровня поступает на вывод $\overline{CS}$ (выбор кристалла), а на вывод Status (состояние) на один период тактовой частоты появляется высокий уровень, подтверждающий начало цикла. После этого на линию данных выводится первый бит результата (старший значащий разряд – СЗР) и передаются все 8 бит этих данных, а затем на выводе Status формируется еще один импульс, сигнализирующий об окончании полного цикла АЦП. Запрос на выполнение очередного преобразования, если необходимо, можно выдать независимо от тактовых импульсов; в таком случае запросом к системе о приеме результата работы АЦП служит флаг Status. На обеих сторонах преобразователя постоянного напряжения размещены фильтрующие конденсаторы для снижения пульсаций напряжений источника питания и предотвращения попадания импульсных шумов от логических схем в цепи питания аналоговой части. Все микросхемы имеют в цепях питания развязывающие конденсаторы емкостью 0,22 мкФ каждый (на схеме это не показано).

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ



Простейший конденсаторный преобразователь напряжения – обычный диодный инвертор (рис. 22.7а). Подключение МОП транзисторов параллельно обоим диодам повышает эффективность преобразования (рис. 22.7б). Эта схема соответствует неинвертирующему элементу КМОП логики. Следовательно, ее можно собрать всего на одном КМОП буфере или повторителе и двух конденсаторах (рис. 22.7в).

На графиках показана эффективность различных конденсаторных преобразователей напряжения, которая достигает 99% на рабочих частотах от 5 до 500 кГц при использовании конденсаторов емкостью 10 мкФ и токе нагрузки 1 мА. Промышленные модели работают с эффективностью не более 94%.

Аналоги и возможные замены

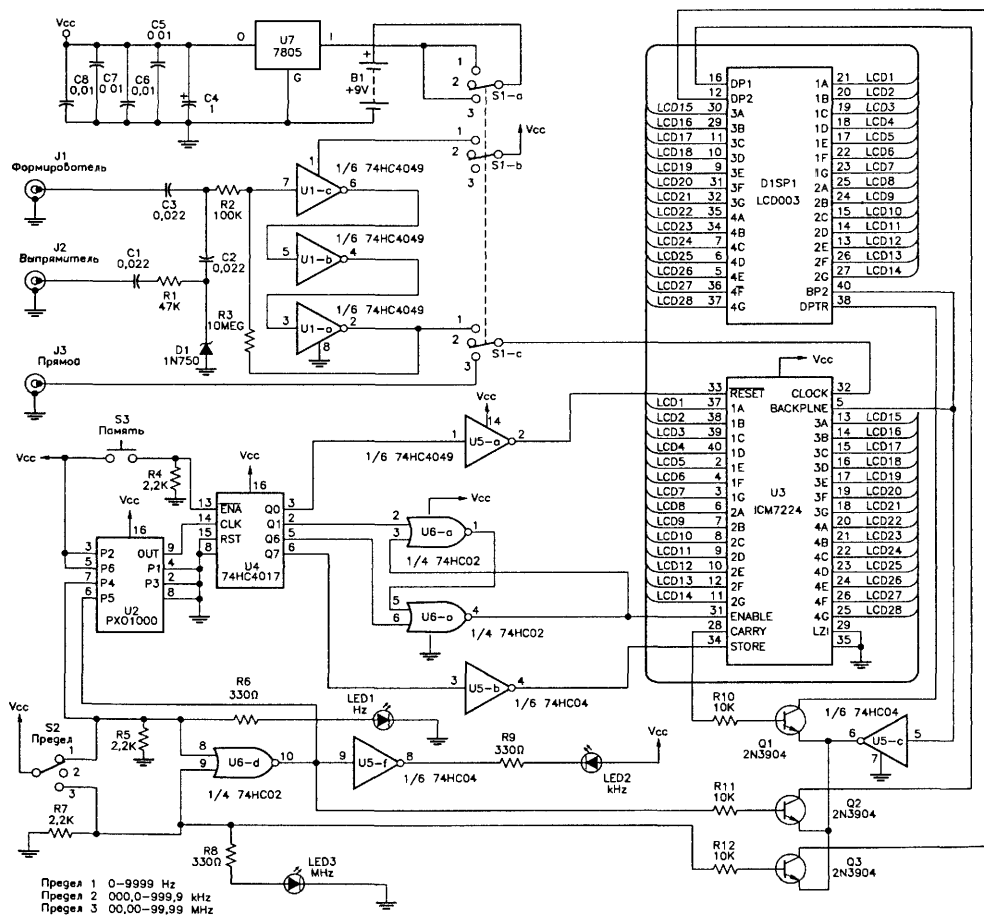
Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
2N4401	КТ6103, КТ6117	КТ504	
2N4403	КТ6102, КТ6116	КТ505	
LM10			Сверхнизковольтный операционный усилитель ($U_{пит} = 1,5 В$) и источник опорного напряжения
MAX619			Стабилизированный конденсаторный преобразователь напряжения с удвоением или утроением входного напряжения
MPSA18		КТ342Б, Д	
NME0305D			Гибридная микросборка источника питания с гальванической развязкой входа и выхода
ZN509			АЦП последовательного приближения среднего быстродействия (до 1 выб./мкс) со скоростным последовательным интерфейсом

ГЛАВА 23

СХЕМЫ СЧЕТЧИКОВ

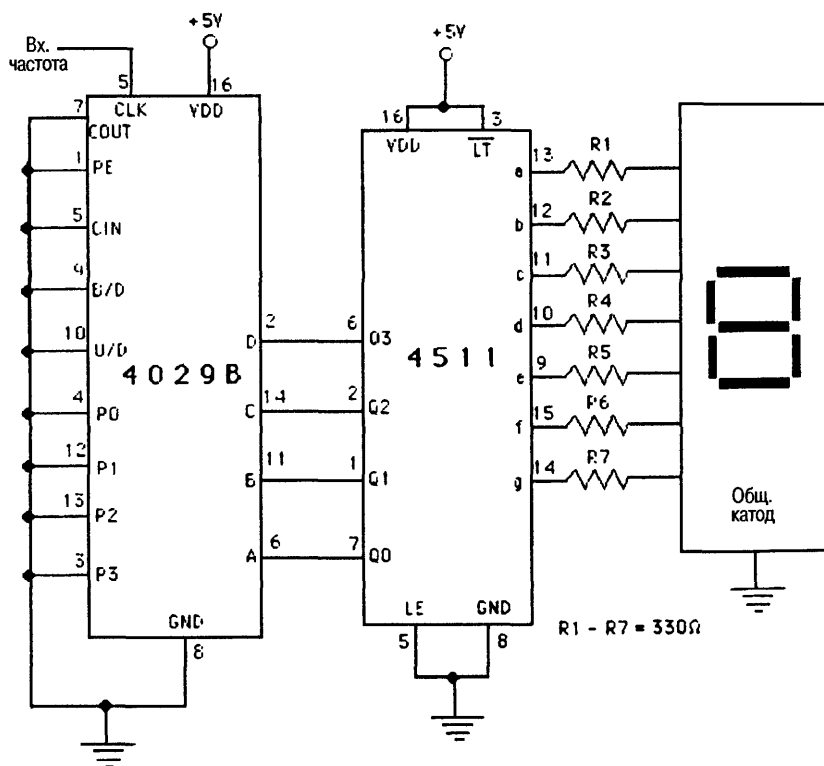
ПРОСТОЙ ЧАСТОТОМЕР НА 25 МГц

- 1 Формирователь
- 2 Вых.
- 3 Прямой вход



В этой схеме использована микросхема ICM7224 компании Intersil, работающая совместно с 4-разрядным жидкокристаллическим индикатором типа LCD003. Устройство имеет три входа, два из которых снабжены усилителем-формирователем, причем второй вход снабжен выпрямителем, а через третий можно подать сигнал прямо на вход микросхемы ICM7224. В качестве эталонного использован гибридный кварцевый генератор на частоту 1 МГц типа PXO-1000 компании Statek. Время счета выбирают переключателем S2, при этом также переключаются светодиодные индикаторы LED1, LED2 и LED3, указывающие порядок измеряемой частоты в герцах, килогерцах или мегагерцах соответственно.

ЦИФРОВОЙ СЧЕТЧИК

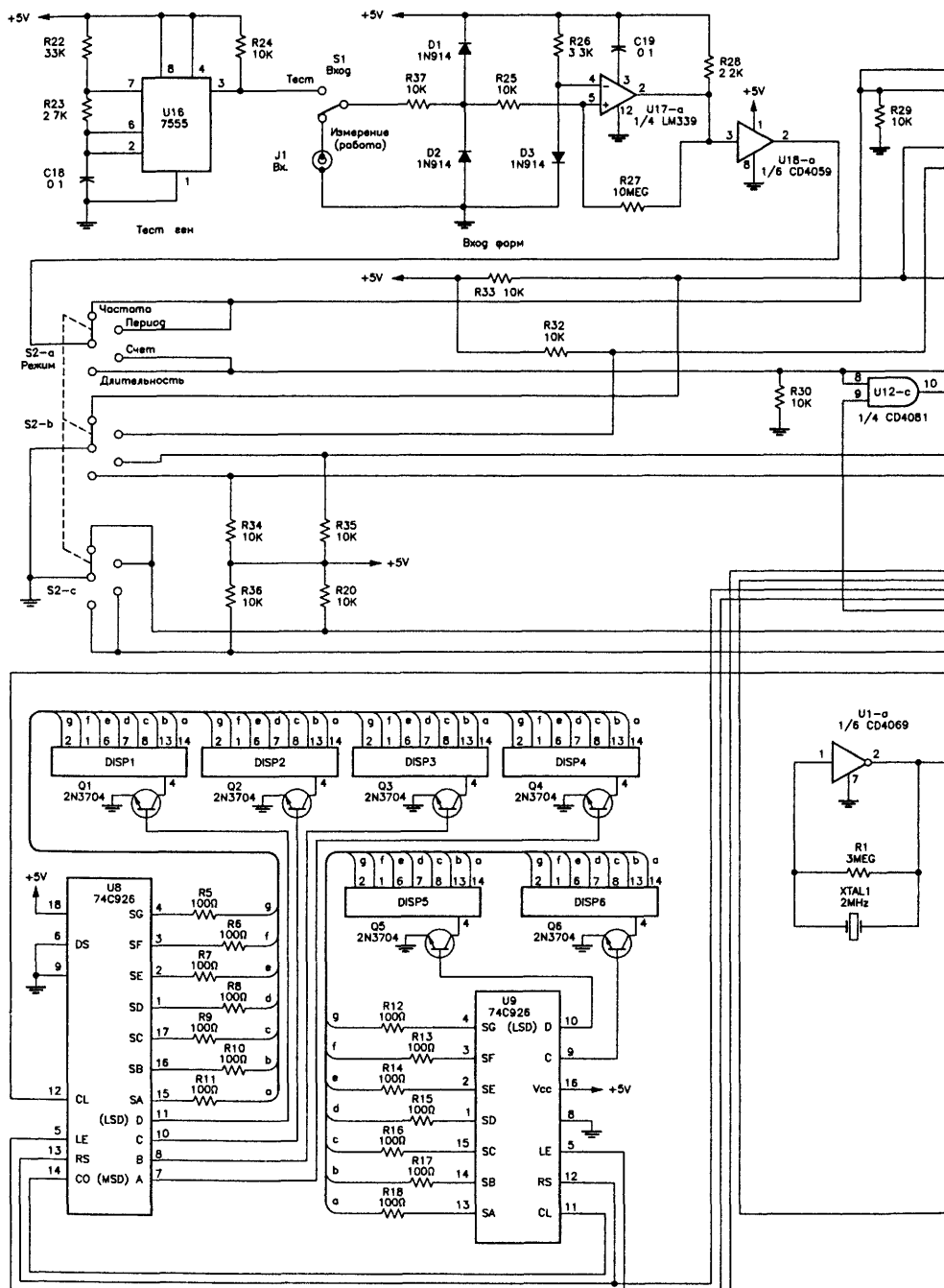


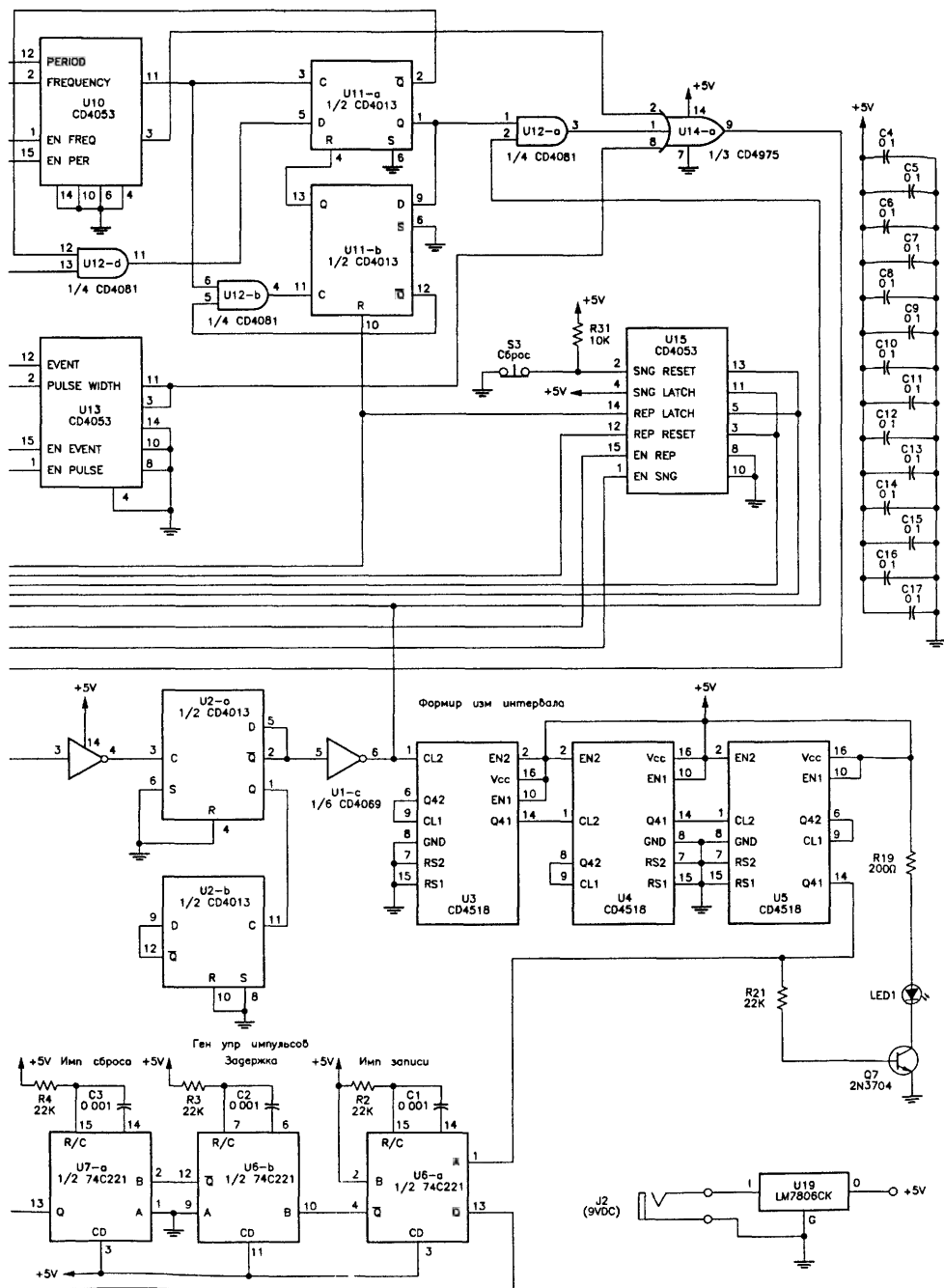
Nuts & Volts Magazine

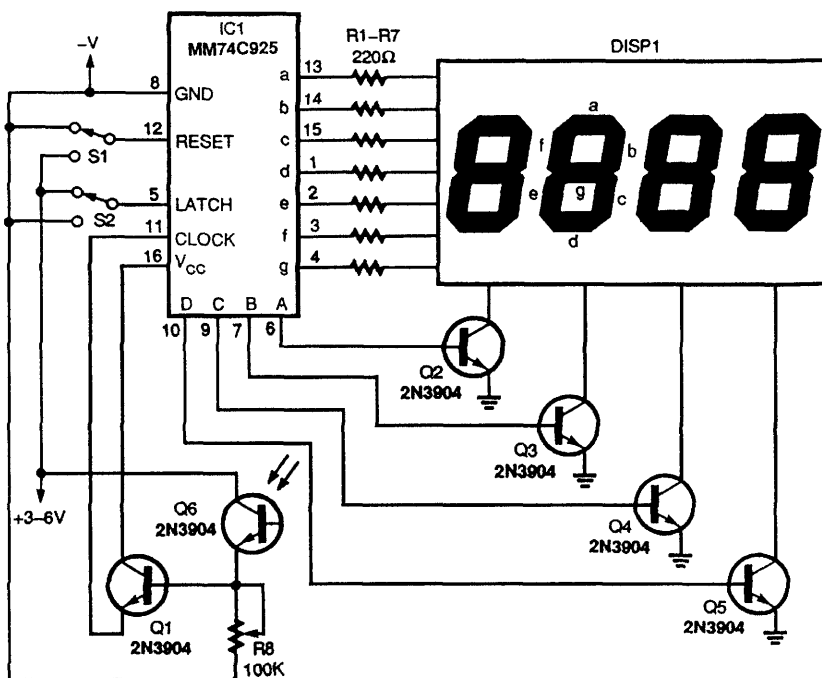
Рис. 23.2

На этой схеме показано, как собирается простейший цифровой счетчик. К выходам микросхемы CD4029B подключен преобразователь двоично-десятичного кода в 7-сегментный типа CD4511, который может работать на светодиодные индикаторы с общим катодом.

4-РЕЖИМНЫЙ ЧАСТОТОМЕР







Electronics Now

Рис. 23.5

74C925 от перегрева. Четыре транзистора 2N3904 (Q2 – Q5) действуют как усилители тока, управляющие выводами разрядов, и обеспечивают работу индикатора с максимальной яркостью. Переключатели S1 и S2 предназначены соответственно для сброса в ноль и фиксации результатов счета (они необязательны, но очень желательны). Фиксатор останавливает счет в случае необходимости. Если переключатели не нужны, то вывод 12 необходимо заземлить, а вывод 5 подключить к выводу напряжения питания. Если счетчик должен иметь более четырех десятичных разрядов, то можно использовать микросхему MM74C926. Функции у нее те же, но она имеет выход «переноса», позволяющий включить последовательно несколько микросхем со своими 4-разрядными индикаторами.

Примечание. Переключатель S1 (Сброс): низкий уровень – работа, высокий уровень – сброс. Переключатель S2 (Память): высокий уровень – работа, низкий уровень – фиксация состояния счетчика.

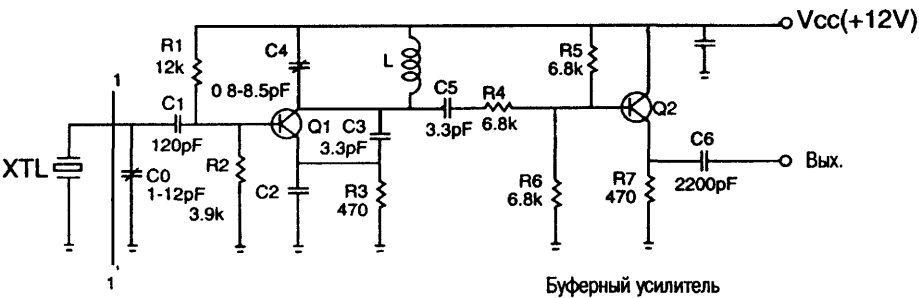
Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
2N3704		КТ685	
ICM7224		KO21E1	
РХО1000			Гибридная микросхема кварцевого генератора

ГЛАВА 24

СХЕМЫ КВАРЦЕВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ШИРОКОПОЛОСНЫЙ КВАРЦЕВЫЙ ГЕНЕРАТОР



RF Design

Рис. 24.1

Примечание. Q1, Q2: 2N918 или 2N2369.

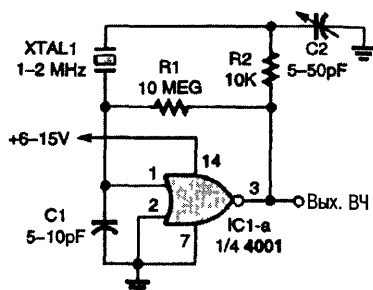
Кварцевый генератор работает на частотах от 6 до 120 МГц, причем для перестройки на другую частоту надо изменить только емкость конденсатора C2 и индуктивность катушки L. В табл. 24.1 приведены значения этих двух элементов кварцевого генератора для работы на различных частотах.

Таблица 24.1

Частота, МГц	Индуктивность L, мкГн	Емкость C2, пФ
6,400	5,60	4700
12,000	3,40	4700
20,000	1,98	470
34,290	0,78	470
45,454	0,78	47
73,000	0,39	47
104,000	0,16	47
120,000	0,10	47

КВАРЦЕВЫЙ ГЕНЕРАТОР НА КМОП СТРУКТУРЕ

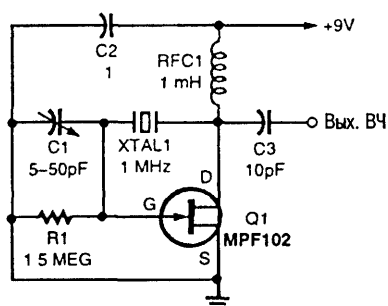
Кварцевый генератор на одном 2-входовом элементе ИЛИ-НЕ на КМОП структурах, собранный по данной схеме, имеет только один серьезный недостаток: он не работает на высоких частотах.



Popular Electronics

Рис. 24.2

КВАРЦЕВЫЙ ГЕНЕРАТОР ПИРСА (ЕМКОСТНАЯ ТРЕХТОЧКА)

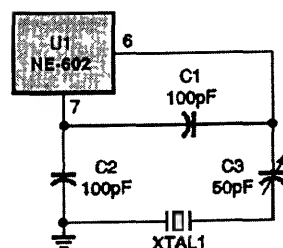


Popular Electronics

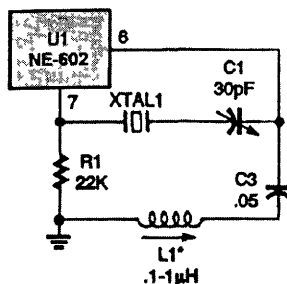
Рис. 24.3

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ КВАРЦЕВЫЙ ГЕНЕРАТОР НА МИКРОСХЕМЕ NE602

Здесь к схеме генератора добавлен подстроечный конденсатор для точной настройки нужной частоты.

Popular
Electronics**Рис. 24.4**

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ КВАРЦЕВЫЙ ГЕНЕРАТОР НА МИКРОСХЕМЕ NE602

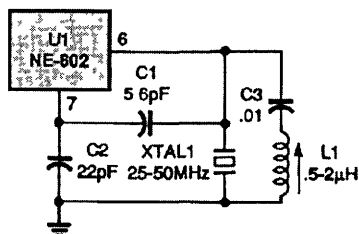


Popular
Electronics

Рис. 24.5

Для получения высоких частот используются кварцевые генераторы, подобные показанному на схеме; они работают на механических гармониках кварцевого резонатора. Схема представляет собой генератор Батлера. Кварцевый резонатор включен между эмиттером транзистора гетеродина микросхемы NE602 (вывод 7) и емкостным делителем напряжения в цепи базы этого транзистора (вывод 6). В эту же цепь включена катушка индуктивности L1, которая образует с конденсатором C1 колебательный контур, настроенный на частоту нужной гармоники кварцевого резонатора XTAL. Схема может возбуждаться на третьей или пятой гармониках кварцевого резонатора; при этом выходная частота генератора достигает 80 МГц

ГЕНЕРАТОР С УТРОЕНИЕМ ЧАСТОТЫ НА NE602

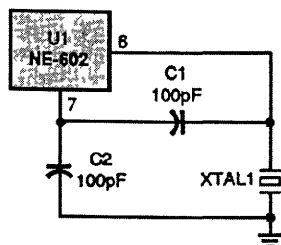


Popular
Electronics

Рис. 24.6

В схеме этого кварцевого генератора резонаторы работают на третьей механической гармонике. Выходная частота генератора может составлять от 25 до 50 МГц.

КВАРЦЕВЫЙ ГЕНЕРАТОР КОЛПИТЦА НА NE602



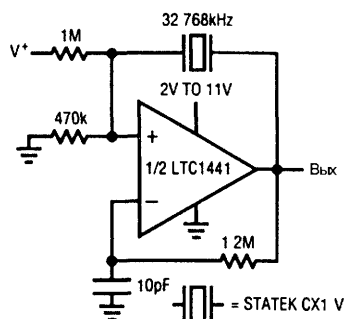
Popular
Electronics

Рис. 24.7

Эта базовая схема кварцевого генератора по схеме Колпитца функционирует на основной механической гармонике кварцевого резонатора. Генератор может работать на частотах до 20 МГц.

МИКРОМОЩНЫЙ КВАРЦЕВЫЙ ГЕНЕРАТОР НА 32,768 кГц

В этом генераторе используется микросхема LTC1441, ток потребления составляет всего 9 мкА при напряжении питания 2 В. Схема не имеет паразитных режимов возбуждения

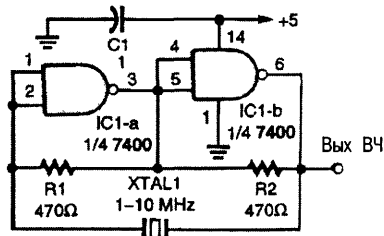


Linear
Technology

Рис. 24.8

КВАРЦЕВЫЙ ГЕНЕРАТОР НА ТТЛ-МИКРОСХЕМЕ

Здесь представлена схема генератора, в которой отсутствуют индуктивности и емкости. Она простая и стабильная, так как использует два элемента из ТТЛ-микросхемы типа 7400, два резистора и кварцевый резонатор.

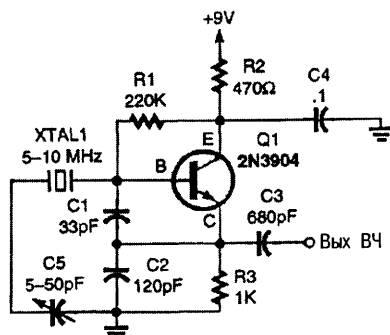


Popular Electronics

Рис. 24.9

КВАРЦЕВЫЙ ГЕНЕРАТОР ПО СХЕМЕ КОЛПИЦА

Эта схема обычно называется «генератор Колпитца». Конденсаторы C1 и C2 определяют коэффициент обратной связи, от которой зависит режим генерации. Чтобы получить максимальную стабильность частоты и выходной уровень, конденсаторы C1 и C2 должны специально подбираться в каждом конкретном случае.



Popular Electronics

Рис. 24.10

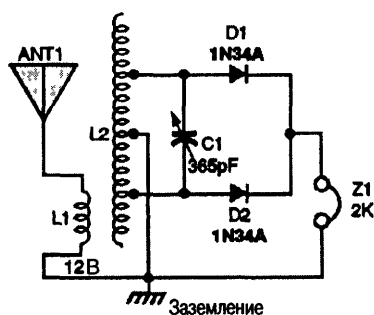
Аналоги и возможные замены

<i>Тип</i>	<i>Аналог</i>	<i>Возможная замена</i>	<i>Примечания</i>
2N2369	КТ368А		
2N918	КТ368А		
LTC1441		КР1446УД1	Микромощный КМОП операционный усилитель

ГЛАВА 25

СХЕМЫ ДЕТЕКТОРНЫХ РАДИОПРИЕМНИКОВ

ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЕМНИК С ДВУХПОЛУПЕРИОДНЫМ ВЫПРЯМИТЕЛЕМ

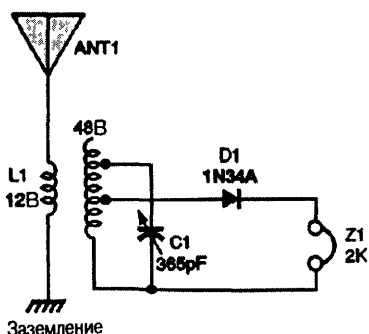


Popular Electronics

Рис. 25.1

Через катушку связи L1, содержащую 12 витков, радиосигнал из антенны поступает на большую катушку L2. Соединив центральный отвод катушки L2 с землей, четвертый отвод в верхней (по схеме) части катушки надо подключить к диоду D1, а четвертый отвод в нижней (по схеме) части – к диоду D2. Полученный выходной звуковой сигнал поступает на головные телефоны Z1. Если менять отводы, к которым подключены диоды, необходимо получить одно и то же количество витков с каждой стороны от центрального отвода, чтобы сбалансировать уровни радиосигнала, поступающие на каждый детекторный диод. Чувствительность схемы и уровень громкости на выходе могут быть увеличены размещением катушки L1 внутри L2. Конструкция катушек позволяет это сделать. Для получения максимальной избирательности катушка L1 должна быть слабо связана с L2.

ДВУХКАТУШЕЧНЫЙ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЕМНИК



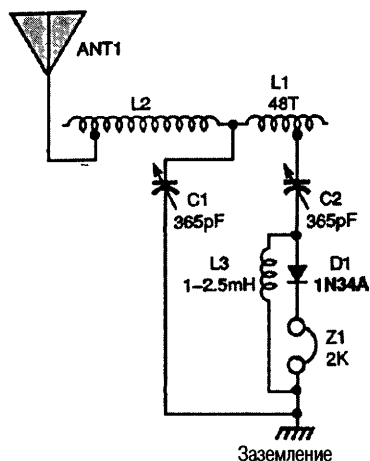
Popular Electronics

Рис. 25.2

Через катушку связи, содержащую 12 витков, радиосигнал из цепи антенна/заземление поступает на контурную катушку, имеющую 48 витков. LC-контур, образованный этой катушкой и подключенным к ней переменным конденсатором C1 (максимальной емкостью 365 пФ), можно настраивать на частоту желаемого радиосигнала. Германиевый диод D1 типа 1N34A детектирует звуковой сигнал и подает его на головные телефоны Z1. Отводы, сделанные на контурной катушке L2, дают возможность согласовывать импеданс цепи антенна/заземление

с детекторным диодом, а также подбирать значение индуктивности, необходимое для настройки на нужный радиосигнал.

ТРЕХКАТУШЕЧНЫЙ ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЕМНИК

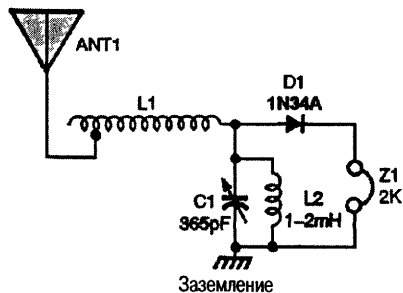


В приведенной схеме используются три катушки индуктивности для увеличения чувствительности и избирательности приемника. Катушка индуктивности L2 и конденсатор C1 применяются в контуре согласования импеданса антенны, а катушка индуктивности L1 и конденсатор C2 работают в последовательном резонансном контуре с малым выходным импедансом, который хорошо согласуется с диодным детектором. Дроссель L3 с индуктивностью 1–2 мГн, как и в предыдущей схеме, обеспечивает нужный режим детектора по постоянному току.

Popular Electronics

Рис. 25.3

ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЕМНИК С СОГЛАСОВАННОЙ АНТЕННОЙ



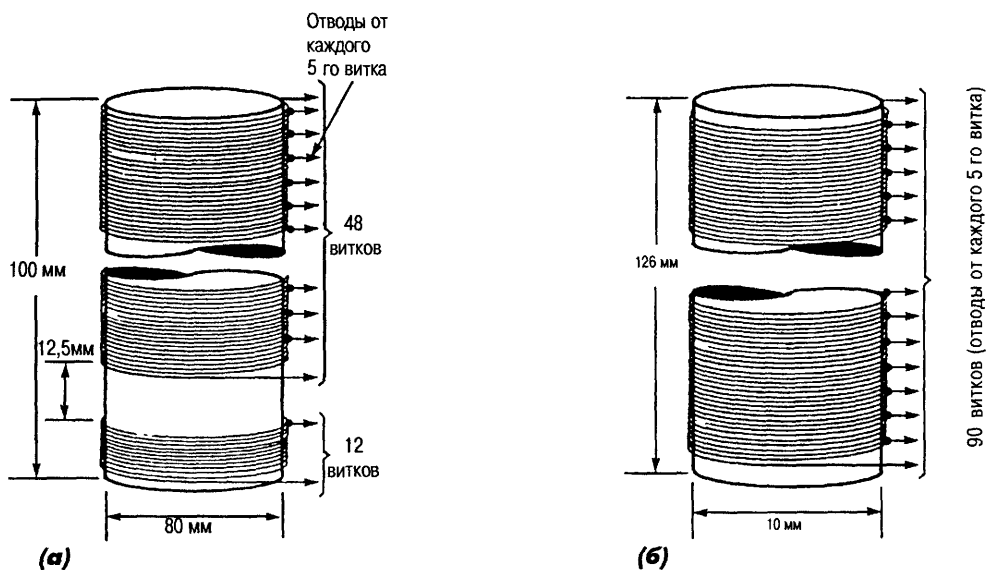
Этот приемник использует цепь настройки, которая в определенной степени похожа на устройство связи с антенной, используемое радиолюбителями для согласования входных/выходных импедансов приемников/передатчиков с импедансом антенны для передачи максимальной мощности сигнала. Дроссель L2 замыкает по постоянному току цепь детектора на диоде D1. Индуктивность дросселя L2 слишком велика, чтобы повлиять на работу высокочастотной части схемы.

Popular Electronics

Рис. 25.4

КАТУШКИ ДЛЯ ДЕТЕКТОРНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Эти катушки используются как в детекторных, так и в более сложных приемниках радиопередач. Они наматываются проводом сечением 0,81–0,91 мм (AWG #19, #20) на каркасы из материала, имеющего малые потери на частотах АМ вещания. Подойдут, например, трубки из ПВХ или полистирола, а также картон или стеклотекстолит.



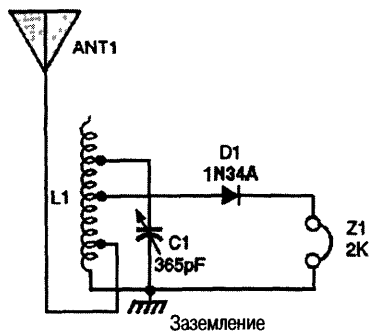
Popular Electronics

Рис. 25.5

Примечание. Малая катушка (рис. 25.5а) состоит из двух обмоток. Обмотка из 48 витков имеет отводы от каждого пятого витка; обмотка из 12 витков используется как катушка связи. Большая катушка (рис. 25.5б) имеет одну обмотку из 90 витков с отводами от каждого пятого витка.

ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЕМНИК С ОДНОЙ КАТУШКОЙ

Начинать работу с этой схемой нужно следующим образом. Подсоедините антенну ко второму снизу (по схеме) отводу. Начало катушки при этом заземлено. Диод следует подключить, например, к четвертому снизу отводу, а конденсатор $C1$ – к седьмому или соседним отводам. Однако расположение отводов на катушке в значительной степени зависит от вида антенны и качества заземления. Работа приемника также зависит от его местоположения, поэтому для получения наилучших результатов придется долго экспериментировать со всеми переменными.



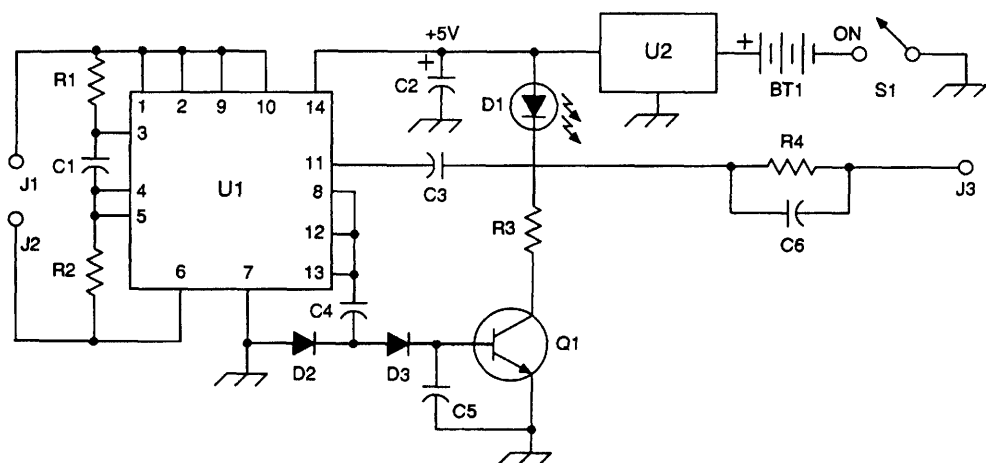
Popular Electronics

Рис. 25.6

ГЛАВА 26

СХЕМЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ КВАРЦЕВЫХ РЕЗОНАТОРОВ

ПРОБНИК ДЛЯ КВАРЦЕВЫХ РЕЗОНАТОРОВ



73 Amateur Radio Today

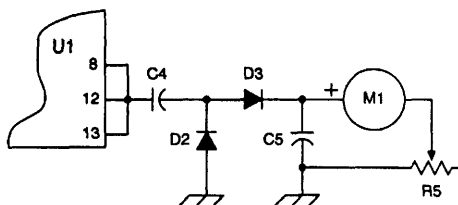
Рис. 26.1

Микросхема U1 типа 74LS00 содержит 4 двухвходовых логических элемента И-НЕ. Семейство LS было выбрано из-за малого потребления тока. Все элементы микросхемы включены как инверторы. Два из них совместно с резисторами R1, R2 и конденсатором C1 образуют кварцевый генератор, когда к клеммам J1 и J2 подключается кварцевый резонатор. Третий логический элемент используется в качестве буфера, формирующего на выводе 11 сигнал с частотой резонатора, который поступает на клемму J3 через разделительный конденсатор C3 и фильтр верхних частот на резисторе R4 и конденсаторе C6. Таким образом, частоту возбуждения резонатора можно измерить внешним частотомером. Четвертый логический элемент также формирует сигнал с частотой возбуждения резонатора на выводах 8, 12 и 13, соединенных между собой. Этот сигнал через разделительный конденсатор C4 поступает на выпрямитель с удвоением напряжения на диодах D2 и D3. Выходное постоянное напряжение фильтруется конденсатором C5 и обеспечивает

положительное смещение на базе прп-транзистора Q1, который в состоянии покоя выключен. Транзистор Q1 открывается, и его коллекторный ток начинает течь через последовательно включенные светодиод D1 и резистор R3, образующие цепь коллекторной нагрузки. Чем выше качество резонатора, тем больше положительное смещение на базе транзистора Q1 и, следовательно, его ток коллектора. Этот ток зажигает светодиод D1, уровень яркости которого может служить индикатором качества резонатора.

СТРЕЛОЧНЫЙ ИНДИКАТОР В ПРОБНИКЕ

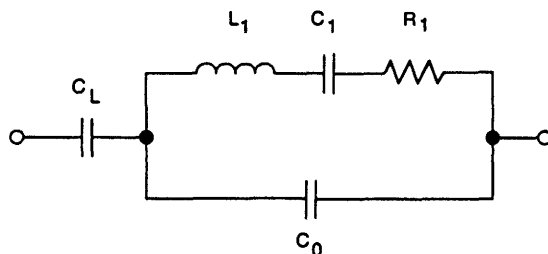
В оригинальной схеме можно заменить светодиод стрелочным индикатором. На рис. 26.2 показано, как это сделать. Желательно применять головку с током полного отклонения 1 мА.



73 Amateur Radio Today

Рис. 26.2

ПАРАМЕТРЫ КВАРЦЕВЫХ РЕЗОНАТОРОВ



RF Design

Рис. 26.3

Кварцевые резонаторы характеризуются пятью основными параметрами (см. рис. 26.3):

- C_1 – динамическая емкость;
- L_1 – динамическая индуктивность;
- R_1 – динамическое сопротивление (эквивалентное последовательное);
- C_0 – статическая параллельная емкость, зависящая от конструкции резонатора;
- C_L – емкость нагрузки, вносимая внешней схемой.

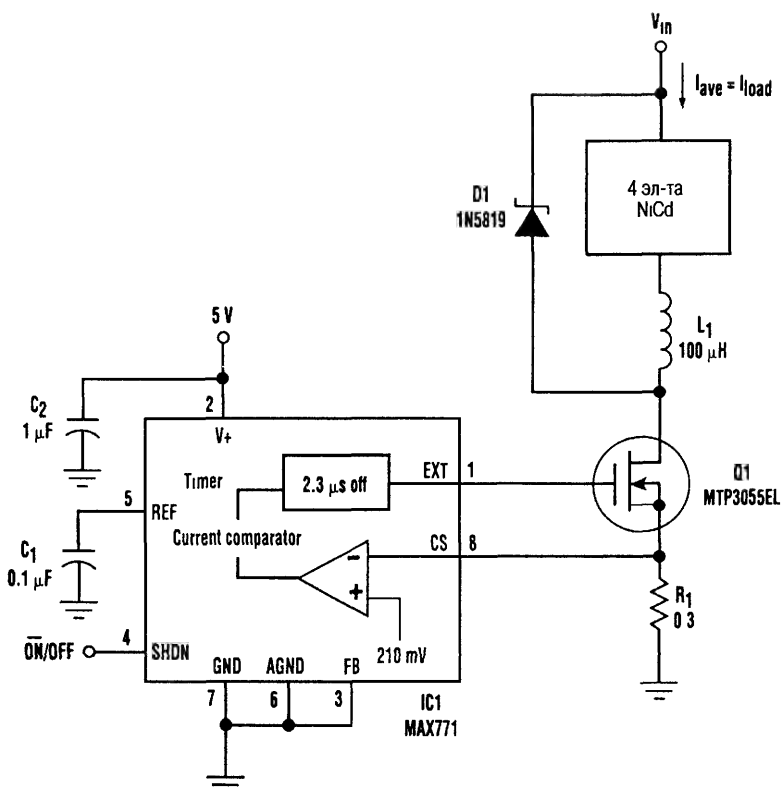
C_1 и D_1 взаимозависимы, поскольку именно они определяют резонансную частоту кварца. Если известен один из параметров, то другой можно рассчитать по

известной частоте последовательного резонанса. R_1 – сопротивление, определяемое механическими (пьезоэлектрическими) свойствами кристалла резонатора, когда оно слишком велико, резонатор может и не возбуждаться. C_0 – это реальная емкость, создаваемая обкладками или контактами на поверхности кристалла резонатора, а также паразитными емкостями выводов и корпуса. Обычно чем больше C_0 , тем больше характеристическая расстройка резонатора. C_L – емкость нагрузки, вносимая схемой пользователя. Резонатор должен работать на нужной частоте и в составе вполне определенной схемы, так что все эти значения следует включить в спецификации на резонаторы.

ГЛАВА 27

СХЕМЫ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

ИСТОЧНИК СТАБИЛЬНОГО ТОКА С ИМПУЛЬСНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ



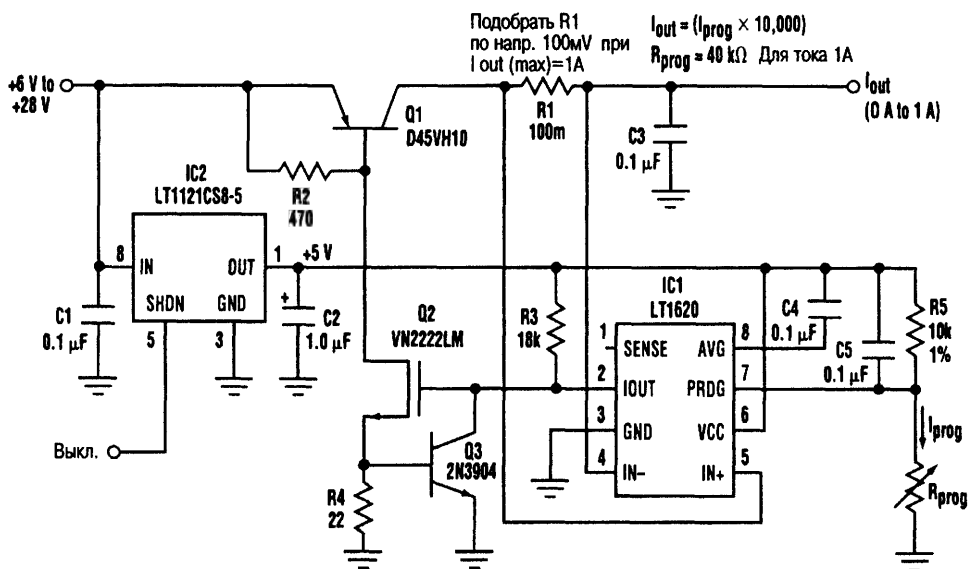
Electronic Design

Рис. 27.1

В показанном на схеме импульсном преобразователе используются две независимые цепи обратной связи. Если отключить цепь обратной связи по напряжению, то наличие цепи обратной связи по току переводит схему в режим источника тока общего назначения. Для этого нужно подать уровень +5 В на вывод 2 микросхемы стабилизатора. В обычном режиме работы такой уровень составляет +12 В

и является также сигналом обратной связи по напряжению. Если же он меньше +12 В, то логика микросхемы предполагает срыв режима стабилизации напряжения и переводит преобразователь в режим стабилизации тока. При этом ток транзистора Q1 линейно нарастает и вызывает нарастание напряжения на выводе 8 вплоть до уровня срабатывания внутреннего компаратора (210 мВ). Схема синхронизации выключает транзистор Q1 на фиксированный интервал времени равный 2,3 мкс, после чего цикл повторяется. В результате ток в дросселе получается относительно постоянным, но это также и ток нагрузки. При правильном выборе номиналов элементов устройство генерирует стабильный ток в широком диапазоне напряжений питания. Приведенная схема (с указанными на ней номиналами элементов) используется для быстрого заряда никель-кадмиевых аккумуляторов и обеспечивает выходной ток порядка 60 мА.

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ИСТОЧНИК ТОКА



Electronic Design

Рис. 27.2

Источники стабильного тока требуются для решения самых разных задач, в частности для заряда аккумуляторных батарей. В таких случаях желательно, чтобы выходной ток можно было регулировать, причем выставленная величина должна быть стабильной и не зависеть от температуры. Устройство, отвечающее практически всем этим требованиям, легко собрать на основе специальной микросхемы LT1620, которая представляет собой датчик тока шин питания. Он может использоваться как управляющий элемент в дешевом линейном стабилизаторе тока. Выходной ток определяется сопротивлением резистора R1, величина которого подобрана

таким образом, чтобы напряжение полной шкалы было равно 100 мВ. Напряжение на резисторе R1 усиливается в 10 раз и усредняется конденсатором C4. Встроенный усилитель ошибки с токовым выходом сравнивает напряжение на выводе 8 с управляющим напряжением на выводе 7. Сигнал с выхода усилителя ошибки поступает на вывод 2 (I_{out}) и посредством схемы сдвига уровня на транзисторе Q2 управляет регулирующим pnp-транзистором. Выходной ток определяется напряжением на резисторе R5 (1 В полной шкалы). Интегральный стабилизатор LT1121 обеспечивает опорное напряжение $5 \text{ В} \pm 1,5\%$, так что выходной ток может программироваться простым подбором сопротивления резистора R_{prog} . Входное напряжение может колебаться от +6 до +28 В, выходной ток при этом изменяется менее чем на 0,3%. Необходимо обеспечить нормальный отвод тепла от транзистора Q1, особенно при работе с большими перепадами напряжения между входом и выходом схемы. Транзистор Q3 и резистор R4 ограничивают величину базового тока транзистора Q1 в режиме без нагрузки, снижая мощность, рассеиваемую управляющим транзистором Q2. Так как использован интегральный стабилизатор напряжения IC2, питать источник тока можно от нестабилизированного входного напряжения. Подача сигнала низкого уровня на управляющий вход микросхемы IC2 отключает напряжение питания V_{cc} практически всей схемы и ограничивает обратный ток из выходной цепи уровнем меньшим 25 мкА.

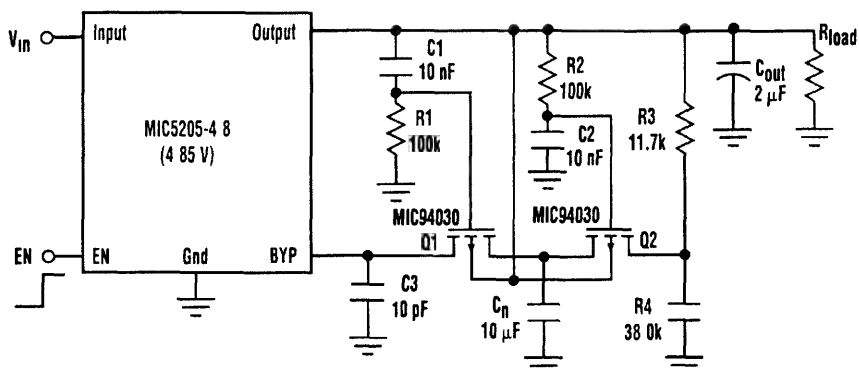
Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
D45VN10		КТ720А, КТ815, КТ817, КТ830, КТ835А, КТ9120А, КТ9180	Подойдут транзисторы с большим коэффициентом передачи тока на границе насыщения, в частности некоторые из тех, что перечислены в конце книги
LT1121CS8-5			Серия интегральных стабилизаторов с малым падением напряжения на регулирующем транзисторе. Отличаются высокой точностью и стабильностью выходного напряжения
MTP3055EL		КП150	
VN2222LM		КП733В1	

ГЛАВА 28

СХЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ СТАБИЛИЗАТОР С РНР-ТРАНЗИСТОРОМ



Electronic Design

Рис. 28.1

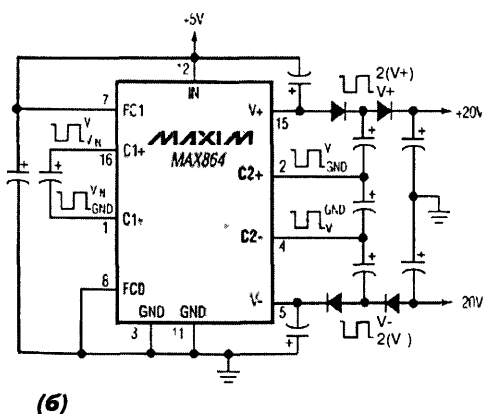
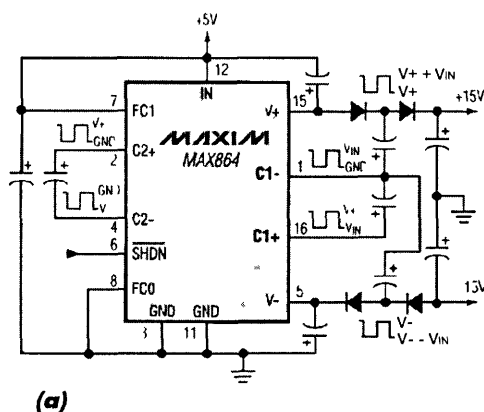
Микросхема MIC5205 – это стабилизатор с регулирующим рnp-транзистором и малым падением напряжения между входом и выходом, снабженный выводом фильтрации шума для дополнительного снижения уровня шумов в шинах питания. Простой конденсатор емкостью 10 нФ, включенный между выводом фильтрации и землей, уменьшает уровень шума на $V_{out} / 1,24$ В (12 дБ для модели с выходным напряжением +5 В) и создает для шума полюс ниже 100 Гц. Время включения увеличивается с 80 мкс до 15 мс. В предлагаемой схеме для сохранения быстродействия добавлено несколько элементов. Переход напряжения на выводе EN от низкого уровня к высокому быстро запускает стабилизатор. При этом цепь из резистора R_1 и конденсатора C_1 удерживает транзистор Q_1 выключенным, в то время как цепь из резистора R_2 и конденсатора C_2 удерживают транзистор Q_2 включенным. Через этот транзистор и делитель напряжения на резисторах R_3 , R_4 конденсатор C_n быстро заряжается до напряжения, имеющегося на выводе фильтрации шума. Конденсаторы C_1 и C_2 затем заряжаются до уровня выходного напряжения, соответственно транзистор Q_1 включается, а транзистор Q_2 выключается. При этом конденсатор C_n отключается от выхода делителя

напряжения и подключается к выводу фильтрации шума. Стабилизатор переходит в конфигурацию с малым уровнем шума на выходе, и общее время выхода схемы на рабочий режим составляет около 100 мкс. Когда на вывод EN подается напряжение низкого уровня, конденсаторы C1 и C2 разряжаются через R1, R2, R3, R4 и R_{load} . Схема при этом обнуляется и оказывается готовой к следующему включению. Конденсатор C3 фильтрует выброс напряжения на выходе при запуске стабилизатора. Соотношение R3/R4 может быть найдено эмпирически, надо выбрать его близким к величине $1,24 \text{ В} / (V_{out} - 1,24 \text{ В})$, а затем подстроить коэффициент передачи делителя так, чтобы выходное напряжение нарастало быстро, но без выброса (соответственно резисторы, используемые в делителе, должны иметь допуск 1%). Время выключения определяется только емкостью выходного конденсатора и сопротивлением нагрузки.

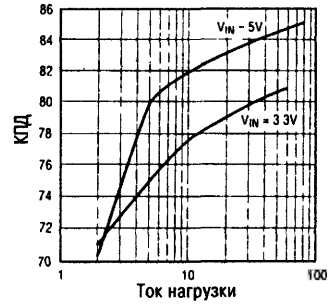
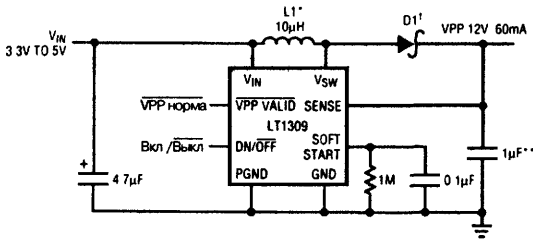
ПОВЫШАЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С НАКАЧКОЙ ЗАРЯДА НА $\pm 20 \text{ В}$

Примечание. Все конденсаторы – 1 мкФ, все диоды – 1N4148 или 1N5817

Маломощный преобразователь напряжения 5 В в $\pm 20 \text{ В}$ можно сделать малогабаритным, если добавить к преобразователю с накачкой заряда и двухполярным выходным напряжением на микросхеме дополнительный каскад на дискретных диодах. Такие источники питания можно использовать в устройствах с ПЗС, ЖК-индикаторах и дисплеях или же для управления варикапами. Микросхема MAX864 сама может генерировать выходное напряжение $\pm 10 \text{ В}$ (минус потери, пропорциональные току нагрузки) при напряжении питания $+5 \text{ В}$ (или $\pm 6,6 \text{ В}$ при напряжении $3,3 \text{ В}$). Используя дополнительные каскады диодно-конденсаторных удвоителей напряжения, выходные напряжения можно увеличить вдвое, примерно до $\pm 4V_{IN}$, или в полтора раза, примерно до $\pm 3V_{IN}$. Важно отметить, что внешние диодно-конденсаторные каскады подключаются к конденсатору C1 для получения выходного напряжения $\pm 15 \text{ В}$ (или к конденсатору C2 – для выходного напряжения $\pm 20 \text{ В}$)



ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ 3,3 В / 12 В С ЧАСТОТОЙ 500 кГц



Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.3

Примечание.

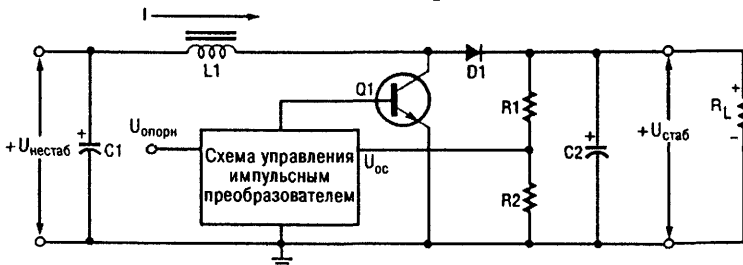
*MURATA ERIE LOH3C100KOYMO0.

** Керамический.

† MOTOROLA MBR0530.

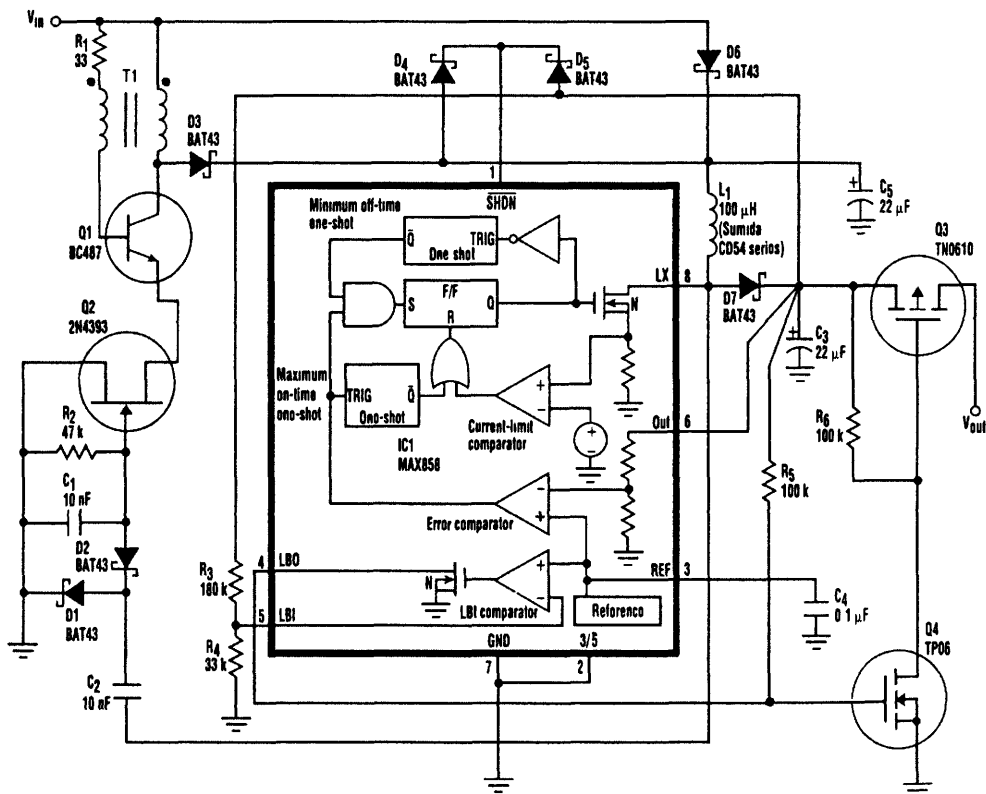
Маломощный преобразователь постоянного напряжения LT1309 с рабочей частотой 500 кГц, схема применения которого представлена на рис. 28.3, – это компактный источник питания на напряжение 12 В. При работе на такой высокой частоте можно использовать дроссели с малой индуктивностью и конденсаторы с малой емкостью, предназначенные для поверхностного монтажа. Источник питания на LT1309 имеет номинальный ток нагрузки 60 мА при выходном напряжении 12 В, которое требуется для 8-разрядных микросхем флэш-памяти. Если же карточки флэш-памяти нет, то системный процессор может выключить LT1309, уменьшая при этом ток потребления LT1309 до 6 мкА. Режим плавного включения обеспечивает линейное нарастание выходного напряжения до номинала 12 В за некоторый период времени, что минимизирует амплитуду пускового тока, потребляемого от источника питания 3,3 В при заряде конденсатора фильтра карточки РСМСІА. Низкий уровень напряжения на выводе VPP VALID сигнализирует о том, что преобразователь после включения вышел на нормальный режим и напряжение питания 12 В стабилизировано.

БАЗОВАЯ СХЕМА ПОВЫШАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ



Параметры такого повышающего преобразователя с одним транзисторным ключом зависят от индуктивности дросселя, служащего для накопления энергии.

МИКРОМОЩНЫЙ ПОВЫШАЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ



Electronic Design Analog Applications

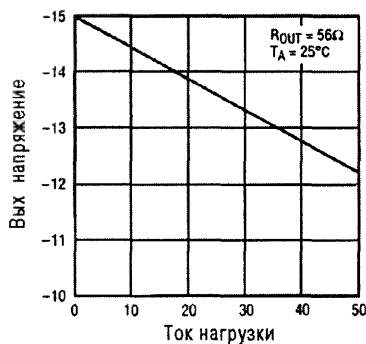
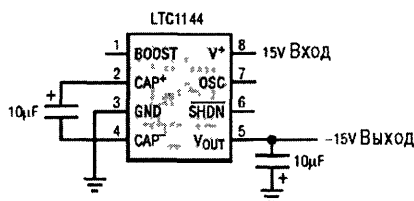
Рис. 28.5

Примечание. Трансформатор Т1 нестандартный: коэффициент трансформации – 1:3; индуктивность первичной обмотки – 600 мкГн; сердечник Siemens – броневой, тип RM4, феррит N47.

Эта схема может работать даже от столь низковольтного источника, как прямосмещенный кремниевый диод (0,6 В). Преобразователь обеспечивает выходное напряжение 5 В при токе нагрузки 15 мА, но в данном варианте применения ток нагрузки должен быть ограничен. От такого источника питается измерительный модуль, входным служит напряжение на диоде, включенном в «токовую петлю» 4–20 мА, эффективность преобразования составляет 77% при потребляемом токе в 0,5 мА (если диод D6 закорочен). Ток потребления измерительного модуля ограничен величиной 4 мА, определяемой протоколом «токовой петли». На

транзисторе Q1 и трансформаторе T1 собран обычный блокинг-генератор, который самовозбуждается на частоте примерно равной $1/L_1R_1$. Резистор R1 ограничивает базовый ток транзистора Q1. На частоте 50 кГц и при входном напряжении 0,6 В выбранная величина сопротивления резистора R1 (33 Ом) ограничивает максимальный ток базы транзистора Q1 на уровне 20 мА. Индуктивность первичной обмотки трансформатора T1 хотя и не является определяющим параметром, но должна быть около 660 мкГн для выбранного сопротивления резистора R1.

МИКРОМОЩНЫЙ ИНВЕРТИРУЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ



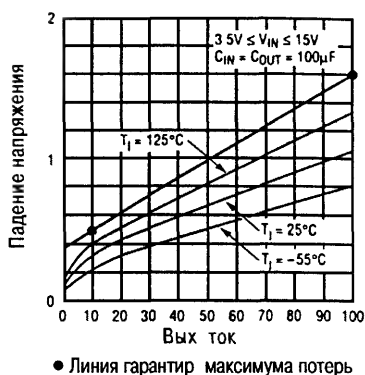
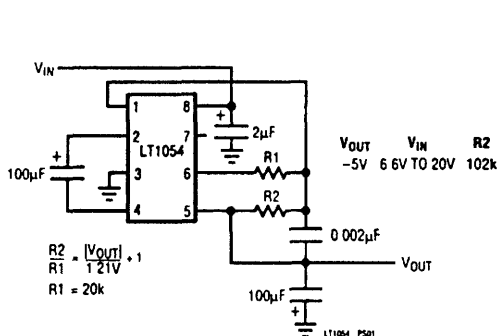
1144 ADP

Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.6

Преобразователи напряжения с переключаемыми конденсаторами очень удобны для генерирования местного отрицательного напряжения питания специальных схем, но они были ограничены особенностями КМОП технологий, не позволявшими работать при напряжениях питания равных 10 В или больше. В микросхеме преобразователя напряжения LTC1144 эти ограничения преодолены, и максимальное входное напряжение может достигать 20 В, причем потребляемая мощность самой микросхемы очень небольшая, свойственная КМОП структурам. Приведенная здесь схема применения LTC1144 генерирует отрицательное напряжение питания до -13,8 В (-12,6 В мин.) при входном напряжении 15 В и максимальном токе нагрузки 20 мА. Большой ток нагрузки можно получить при меньшем выходном напряжении. Схема содержит 2 конденсатора, предназначенных для поверхностного монтажа, и занимает на печатной плате минимум площади. Собственный ток потребления около 1,2 мА (макс.) обеспечивает высокую эффективность преобразования, а так как в неактивном состоянии микросхема потребляет всего 8 мкА, то преобразователь LTC1144 особенно удобен в системах с питанием от батарей

ИНВЕРТИРУЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА -5 В БЕЗ ДРОССЕЛЯ



- Линия гарантирует максимума потерь

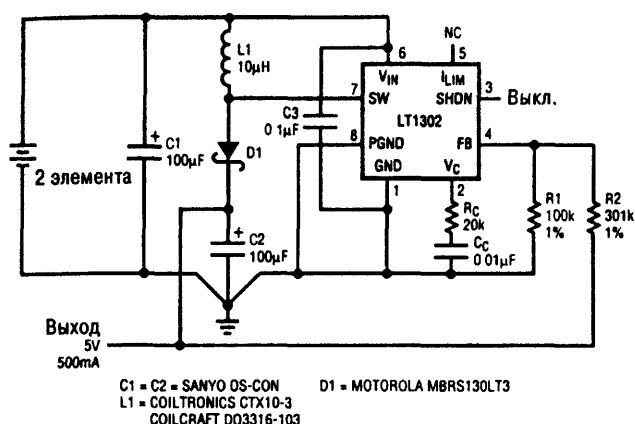
Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.7

Преобразователи напряжения с переключаемыми конденсаторами очень удобны для получения от положительного источника питания отрицательного напряжения, причем для его стабилизации обычно используется линейный стабилизатор. Микросхема LT1054 позволяет обойтись без дополнительных активных элементов, если к ней добавить 2 резистора согласно приведенной схеме. Образующаяся при этом цепь обратной связи обеспечивает стабилизацию выходного напряжения при изменениях входного напряжения и тока нагрузки. При минимальном входном напряжении (6,5 В) LT1054 может давать на выходе стабильное напряжение –5 В при токе нагрузки до 100 мА (макс.). Все необходимые навесные элементы – это 4 конденсатора и 2 резистора.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ 5 В / 500 мА, РАБОТАЮЩИЙ ОТ ДВУХ БАТАРЕЙ

Различные карманные приборы, карточки PCMCIA и портативные коммуникационные устройства часто во время работы потребляют большой ток (правда, в течение краткого времени). От двух элементов или батарей можно получить напряжение питания 5 В при токе потребления 500 мА, с помощью микросхемы контроллера импульсного стабилизатора, внешнего транзисторного ключа и нескольких дискретных элементов. Однако это решение малоэффективно: такая схема занимает много места и достаточно сложна. Для использования в схемах с большими токами потребления был разработан интегральный импульсный стабилизатор LT1302, в котором применен встроенный транзисторный ключ с максимальным током 2 А и малыми потерями. От двух батарей типа АА (элемент 316) можно получить выходное напряжение 5 В при токе нагрузки 500 мА, причем с эффективностью преобразования 85%. Размеры элементов схемы сведены к минимуму за счет использования архитектуры преобразователя с ШИМ на фиксированной

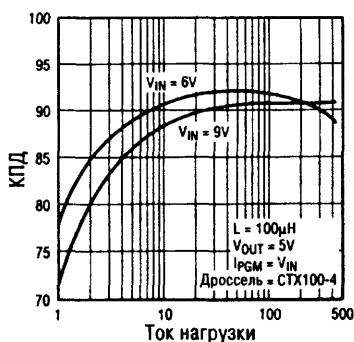
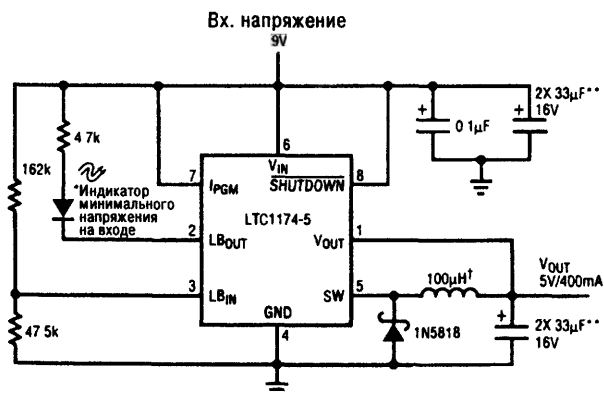


Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.8

частоте 220 кГц. Схема сохраняет высокую эффективность и при малых токах нагрузки, так как в этом случае она автоматически переключается в режим пачек импульсов.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ БАТАРЕИ 9 В



Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.9

Примечание.

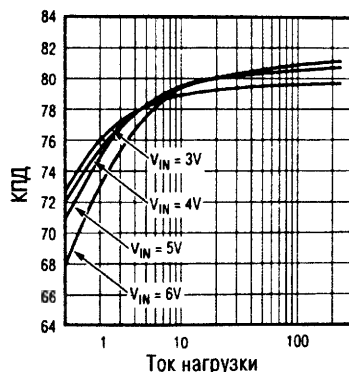
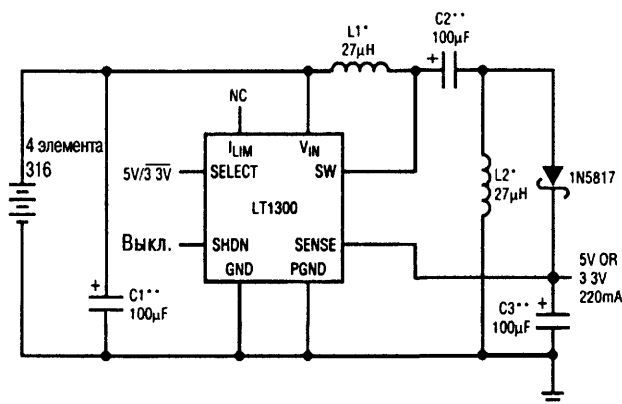
*Схема индикации минимального напряжения настроена на пороговый уровень 5,5 В.

**AXV TPSD336K016.

† COIL TRONICS CTX100-4.

Портативные устройства часто работают от батарей на 9 В. Из всех маломощных понижающих преобразователей напряжения микросхема LTC1174 является наиболее простым, но полноценным решением. LTC1174-5 имеет встроенный мощный ключ на МОП транзисторе. В стандартной схеме включения использованы всего 4 дискретных элемента, а работает она с эффективностью преобразования до 90% и частотой до 200 кГц. Можно применять стандартные элементы для поверхностного монтажа. LTC1174 имеет специальный режим с минимальным падением напряжения на регулирующем элементе, так как при низком входном напряжении скажность может быть 100%. Специальный управляющий логический вход позволяет выбрать уровень выходного напряжения: 3,3 В либо 5 В.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ 3 В / 7 В



Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.10

Примечание.

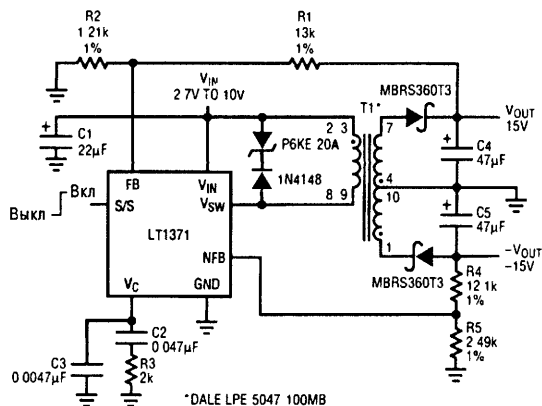
* $L1, L2 = \text{GOWANDA GA20-272K (716) 532-2234.}$

** $C1, C2, C3 = \text{SANYO OS-CON 16SA100M (619) 661-6835.}$

Для получения напряжения питания 5 В от 4-элементной батареи (при условии максимального использования всей ее емкости) необходимо выполнить два различных преобразования напряжения: понижение при входном напряжении 6 В и повышение при входном напряжении 4 В (или меньше). Это можно сделать с помощью обратного преобразователя, но в таком случае надо применять специальные заказные трансформаторы. Микросхема LT1300 (см. схему на рис. 28.10) использует простейший вариант преобразователя с топологией SEPIC; она способна выдать выходное напряжение 5 В при токе нагрузки 220 мА и минимальном входном напряжении 3 В. Оба использованных в схеме дросселя имеются в широкой продаже. Схема состоит из повышающего и понижающего преобразовательных каскадов на двух дросселях ($L1$ и $L2$ соответственно) и двух конденсаторов ($C2$ и $C3$), которые служат для накопления энергии. Эффективность преобразования несколько ниже, чем при простом повышении (см. график), но лучше, чем у эквивалентной схемы с обратным ходом. Среди других особенностей схемы — дистанционное управление (максимальный ток потребления 10 мкА) с полным

отключением нагрузки от батарей, причем выходное напряжение уменьшается до нуля. Кроме того, специальный логический вход у микросхемы LT1300 позволяет выбрать уровень выходного напряжения: +3,3 В либо +5 В.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ ± 15 В, 500 кГц



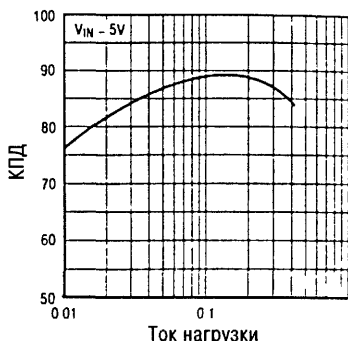
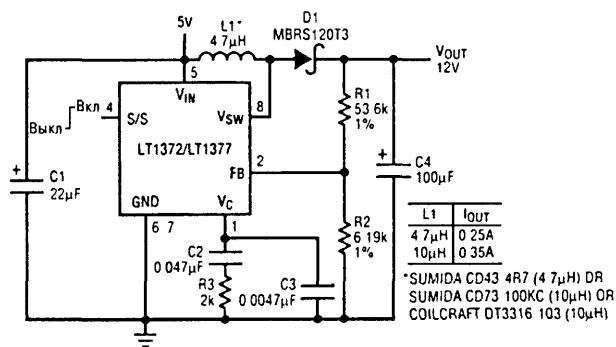
Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.11

Схема преобразователя с обратным ходом и двухполярным выходным напряжением на микросхеме LT1371, показанная на рисунке, генерирует от источника питания +5 В напряжения ± 15 В при токах нагрузки до 200 мА. Микросхема LT1371 представляет собой высокоэффективный импульсный стабилизатор на 500 кГц со встроенным силовым ключом, рассчитанным на ток 3 А. При этом собственный ток потребления микросхемы составляет только 4 мА. Высокая частота преобразования позволяет использовать малогабаритный трансформатор обратного хода с двумя выходными обмотками, предназначенный для поверхностного монтажа. Оба выхода преобразователя охвачены петлями положительной и отрицательной обратной связи с помощью соответствующих каскадов LT1371, причем выходные напряжения не могут превысить установленную величину. Это решает общую проблему всех преобразователей с двухполярным выходным напряжением, использующих один контроллер, — неуправляемый рост напряжения на менее нагруженном выходе. Естественно, наилучшая стабилизация получается тогда, когда оба выхода нагружены одинаково.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ 5 В / 12 В, 400 мА, 500 кГц

В некоторых системах с одним источником питания +5 В иногда необходимо иметь местное напряжение питания 12 В для операционных усилителей, схем сбора данных или других исполнительных устройств (например, небольших



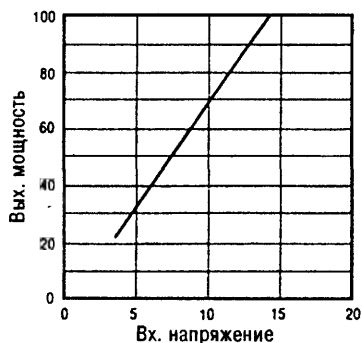
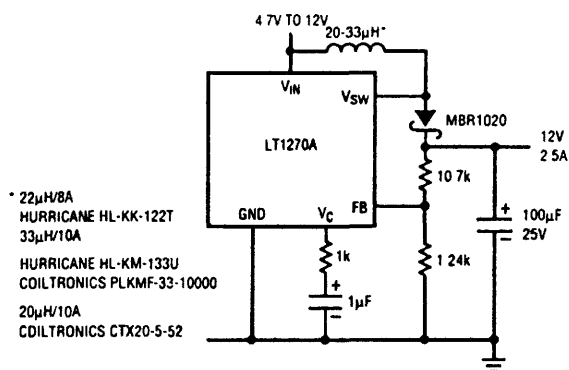
Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.12

электродвигателей). Интегральный импульсный стабилизатор LT1372 с частотой преобразования 500 кГц и высокой эффективностью предназначен именно для этих целей; схема его применения приведена на данном рисунке. Частота преобразования 500 кГц позволяет значительно уменьшить размеры магнитных элементов по сравнению с более низкочастотными схемами, они занимают только 3,22 см² площади печатной платы. Встроенные силовые ключи снабжены схемами ограничения тока на уровне 1,5 А. Кроме того, собственный ток потребления микросхемы LT1372 составляет всего 4 мА, поэтому, учитывая очень низкие потери в силовых ключах, в данной схеме можно получить эффективность преобразования до 89%. Другие особенности LT1372 – это возможность синхронизации работы преобразователя тактовыми сигналами системы и блок дистанционного выключения, снижающий ток потребления микросхемы до 12 мкА. Микросхема LT1372 имеет два входа обратной связи, что позволяет строить на ее основе стабилизаторы как с положительным, так и с отрицательным выходными напряжениями.

СИЛЬНОТОЧНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ 5 В / 12 В, 2,5 А

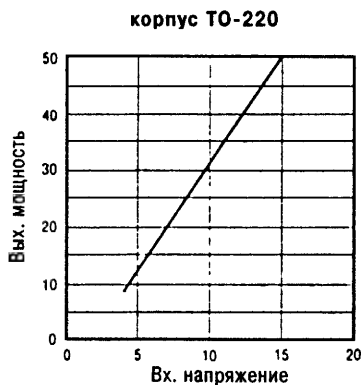
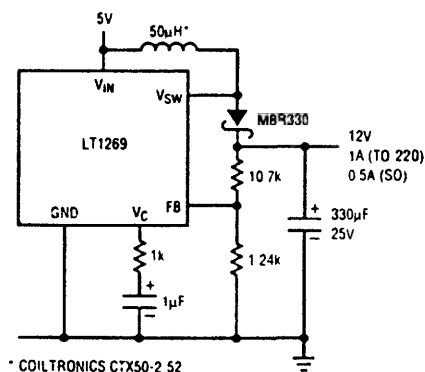
Во многих устройствах требуется напряжение питания 12 В для систем привода, хранения данных, интерфейсов или драйверов. Подобным схемам и устройствам присущи большие скачки потребляемого тока, и обычного источника питания на 12 В в таких случаях может быть недостаточно. Микросхема LT1270A, схема применения которой показана на рисунке, может при токе нагрузки не менее 2,5 А выдавать напряжение 12 В от источника питания 5 В $\pm 5\%$. Эта микросхема имеет встроенный силовой ключ и малый собственный ток потребления на уровне 10 мА (макс.), что позволяет получить высокий КПД в схемах сильноточных преобразователей напряжения. Рабочая частота 60 кГц в данных условиях оптимальна именно с точки зрения эффективности преобразования.



Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.13

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ 5 В / 12 В, 1 А



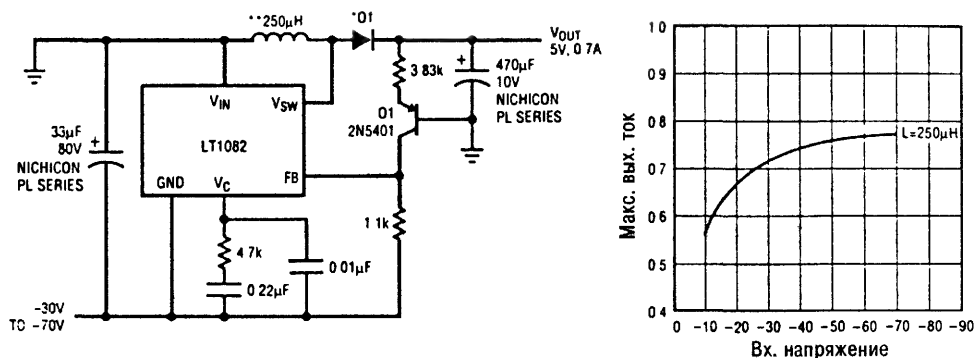
Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.14

Чтобы получить из стандартного напряжения питания цифровых устройств (+5 В) дополнительное напряжение 12 В для питания усилителей, устройств обработки сигналов или шинных формирователей, обычно требуется специальный модуль или достаточно сложная схема преобразователя напряжения. Стабилизированный интегральный преобразователь напряжения LT1269 с частотой преобразования 100 кГц и ШИМ-регулированием может обеспечить ток нагрузки не менее 1 А при выходном напряжении 12 В для исполнения в корпусе под поверхностный монтаж типа DD (500 мА для исполнения в 20-выводном малогабаритном корпусе SMT). Микросхема LT1269 содержит встроенный силовой ключ с ограничением рабочего тока на уровне 4 А, имеющий низкое сопротивление в открытом состоянии (0,33 Ом), и предназначена для применения в повышающих преобразователях с высокой эффективностью (см. схему на рис. 28.14). Высокая

рабочая частота позволяет использовать в этой схеме малогабаритные дроссели и конденсаторы. Устройство может быть переведено в режим микропотребления (ток потребления порядка 100 мкА) с помощью соответствующего управляющего сигнала на вывод V_C .

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ 70 В / 5 В С ТОКОМ НАГРУЗКИ 700 мА



Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.15

Примечание.

* Motorola MUR110 (100 В, 1 А).

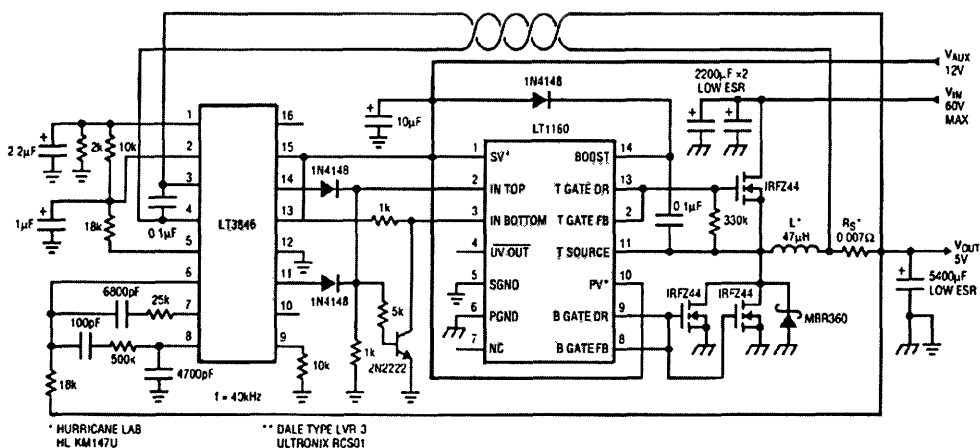
** 69 витков эмалированного провода #28 AWG на сердечнике Micrometals – тип 52, материал T60.

Этот сердечник очень дешевый, но у него высокий уровень потерь, а размеры его больше, чем необходимо при работе с малыми токами нагрузки. Для уменьшения габаритов дросселя или для повышения эффективности преобразования можно применить сердечники из более современных материалов, таких как KOOL Мμ или MolyPermalloy компании Magnetics Inc. Максимальный выходной ток зависит от напряжения на входе преобразователя (см. график).

Схемы преобразователей напряжения в телекоммуникационных системах обычно очень сложные, так как входное напряжение может меняться от -30 до -70 В. Как правило, для работы при таких больших напряжениях питания применяются либо крупногабаритные и дорогие гибридные модули преобразователей, либо специальные схемы конверторов с большим количеством дискретных элементов, также занимающие много места. Интегральный преобразователь напряжения LT1082 содержит встроенный силовой ключ на ток 1 А, который работает при напряжениях до 100 В, то есть можно спроектировать конвертор -48 В в стабилизированные -5 В с минимальными габаритами и стоимостью. Для защиты элементов схемы от излишнего рассеивания мощности при коротком замыкании на выходе

микросхема LT1082 содержит систему защиты, уменьшающую частоту преобразования относительно номинальной, составляющей 60 кГц. Преобразователь напряжения на этой микросхеме работает при токах нагрузки до 750 мА, а затраты при его применении получаются меньше, чем при использовании модульного источника питания аналогичной мощности.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ 40 В / 5 В С ТОКОМ НАГРУЗКИ 10 А



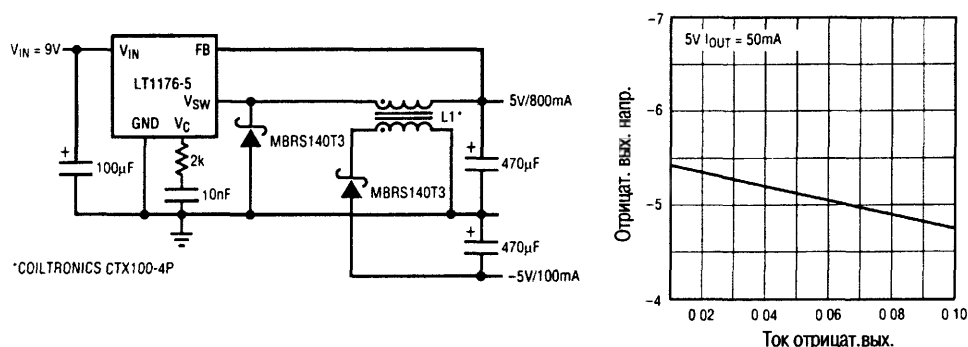
Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.16

Стабилизированный преобразователь напряжения с синхронными ключами позволяет получать выходное напряжение 5 В при токе нагрузки 10 А от источника питания 40 В с эффективностью преобразования 90%. На рисунке приведена схема такого типа, в которой высокая эффективность преобразования достигается использованием дискретного МОП транзистора с малым сопротивлением канала $R_{ds(ON)}$, который открывается и шунтирует диод Шоттки после того, как полностью закрывается верхний (по схеме) МОП транзистор. Это позволяет свести к минимуму потери, определяемые динамическим сопротивлением диода Шоттки. Интегральная схема управления полумостовыми преобразователями LT1160 попеременно включает и выключает верхний и нижние (по схеме) МОП транзисторы в такт с частотой преобразования. Контур обратной связи замыкается через микросхему LT3846 – ШИМ-контроллер преобразователей напряжения с токовым режимом, работающий на частоте преобразования 40 кГц. Отличительной чертой этой схемы являются оптимизированные цепи управления внешними мощными МОП транзисторами. Внутренняя логика в LT1160 полностью исключает ситуацию, в которой оба мощных МОП транзистора будут открыты, а использованная в ней уникальная адаптивная защита против сквозных токов устраняет все

требования по подбору внешних МОП транзисторов. Эти особенности цепей защиты в сочетании с тем, что выходные каскады LT1160 могут управлять МОП транзисторами с затворными емкостями до 10000 пФ, существенно упрощают задачу параллельного включения мощных МОП транзисторов при разработке силовых источников питания. Напряжение для управления затвором верхнего (по схеме) МОП транзистора обеспечивается плавающим источником питания, который использует цепь вольтодобавки с конденсатором C_{boost} . Детектор малого напряжения в микросхеме LT1160 может определять недостаточный уровень напряжения как на входе всей схемы, так и на выходе плавающего источника питания и выключать оба МОП транзистора для предотвращения их перегрева от рассеяния излишней мощности.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ 9 В / ± 5 В



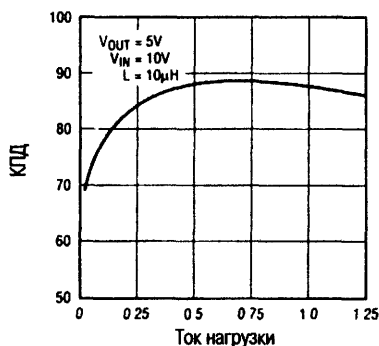
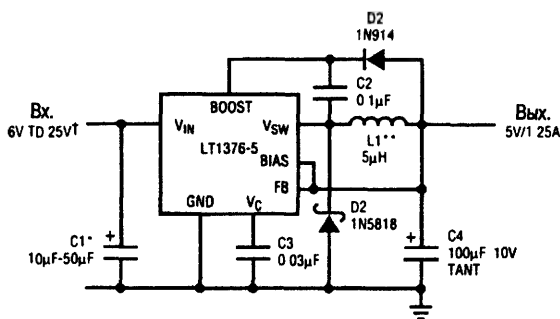
Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.17

Очень часто от преобразователей напряжения требуется получить двухполярное стабилизированное выходное напряжение от одного нестабилизированного источника питания. Один из самых распространенных случаев – это получение питания ± 5 В для широкополосных операционных усилителей, применяемых в каскадах усиления или согласования с кабелями. Решить подобную задачу при условии использования минимума площади печатной платы и минимального количества дискретных элементов будет непросто. Приведенная схема преобразователя напряжения на микросхеме LT1176-5 использует один интегральный импульсный стабилизатор напряжения и стандартный дроссель с дополнительной обмоткой для получения выходного напряжения ± 5 В от входного напряжения 8–12 В. Схема разработана так, что выход напряжения +5 В является основным источником питания с током нагрузки до 800 мА, а выход -5 В – дополнительным, с током нагрузки до 100 мА. Коэффициенты стабилизации вполне достаточны для большинства схем на операционных усилителях: по цепи +5 В он составляет около $\pm 3\%$, а по цепи -5 В – около $\pm 10\%$ при токах нагрузки от -10 до -100 мА. Микросхема

LT1176-5 представляет собой интегральный импульсный стабилизатор с частотой преобразования 100 кГц и встроенным силовым ключом на максимальный ток 1,2 А, расположенный в малогабаритном 20-выводном корпусе типа SO. Улучшенные термические характеристики корпуса типа SO с совмещенными выводами позволяют получать значительно большую мощность, чем могут дать устройства, размещенные в обычном корпусе этого типа.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ 6–25 В / 5 В НА ТОК 1,25 А



Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.18

Примечание.

* Номинальное напряжение танталового конденсатора выходного фильтра должно минимум в два раза превышать требуемое выходное напряжение преобразователя. Амплитуда пульсаций тока в этом конденсаторе составляет примерно половину тока нагрузки.

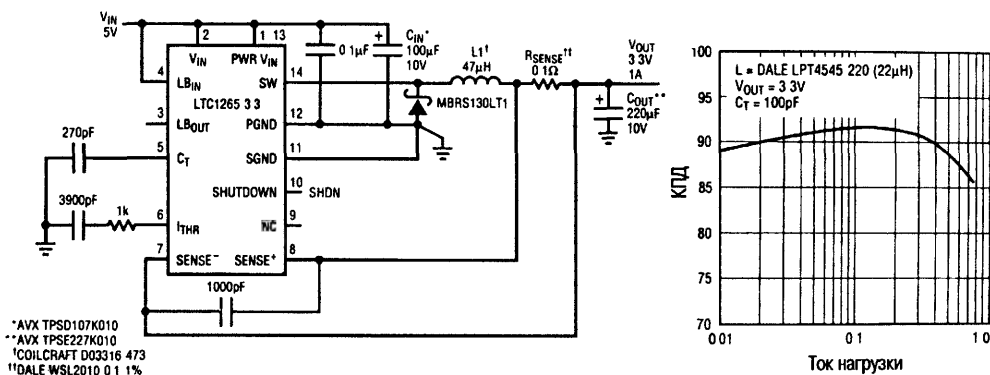
** Увеличить индуктивность до 10 мкГн для максимального тока нагрузки, превышающего 0,6 А, и до 20 мкГн для максимального тока нагрузки, превышающего 1,0 А.

† Для входного напряжения меньше 7,5 В есть некоторые ограничения.

Одним из основных требований к большинству портативных устройств являются минимальные габариты. Но при питании от батарей, напряжение которых в процессе эксплуатации изменяется в очень широких пределах, получение выходного напряжения +5 В при больших токах нагрузки мало согласуется с требованиями по минимизации габаритов. Микросхема LT1376, используемая в приведенной схеме, позволяет создать достаточно мощный, но компактный импульсный источник питания с частотой преобразования 500 кГц. Работа преобразователя напряжения на такой высокой частоте позволяет применять малогабаритный дроссель индуктивностью 5 мкГн и выходной конденсатор, предназначенные для поверхностного монтажа. Кроме того, встроенный силовой

ключ в открытом состоянии имеет сопротивление всего 0,4 Ом, что снижает мощность потерь и повышает эффективность преобразования до 88%. Специальный вывод для цепи вольтодобавки позволяет снизить минимальный уровень входного напряжения в схемах понижающих преобразователей. Максимальное значение рабочего тока силового ключа равно 1,5 А. Рабочий диапазон входных напряжений очень широк (6–25 В) и соответствует многим типам батарей. Собственный ток потребления микросхемы в рабочем режиме составляет 4 мА, тогда как при выключенном преобразователе его значение равняется только 20 мкА.

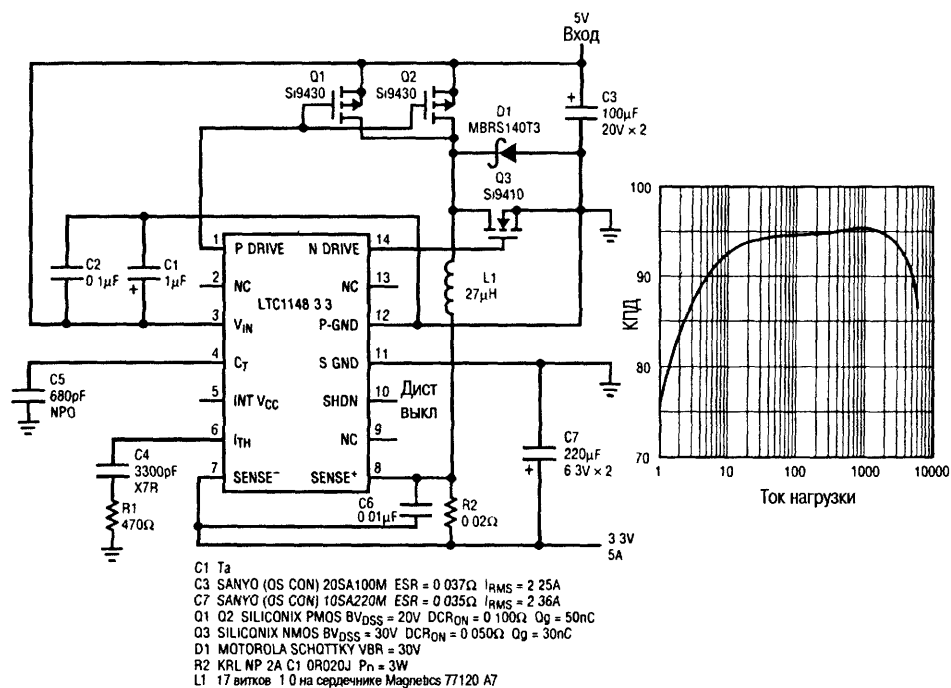
ЭФФЕКТИВНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ 5 В / 3,3 В



Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.19

В портативной аппаратуре все чаще используются преобразователи напряжения +5 В в +3,3 В. Для питания работающих от напряжения 3,3 В микросхем (например, микропроцессоров), потребляемая мощность которых достаточно велика, нужны источники питания с высокой эффективностью преобразования при токах нагрузки до 1 А. Импульсный стабилизатор на микросхеме LTC1265-3,3, схема которого показана на рисунке, выдает напряжение 3,3 В при токе нагрузки до 1 А. Микросхема LTC1265-3,3 работает в токовом режиме с постоянной длительностью паузы и отличается высоким коэффициентом стабилизации как по входу, так и по изменениям нагрузки. Она содержит встроенный ключ на мощном МОП транзисторе с каналом р-типа и сопротивлением в открытом состоянии 0,3 Ом, а также детектор разряда батареи. Максимальный выходной ток программируется подбором сопротивления резистора датчика тока R_{SENSE} согласно формуле $I_{OUT} = 100 \text{ мВ} / R_{SENSE}$. Токковый режим работы обеспечивает ограничение максимального тока и, следовательно, защиту от короткого замыкания в нагрузке. Собственный ток потребления микросхемы LTC1265 в рабочем режиме и без нагрузки составляет только 160 мкА, а в режиме дежурного отключения этот ток будет всего 5 мкА.

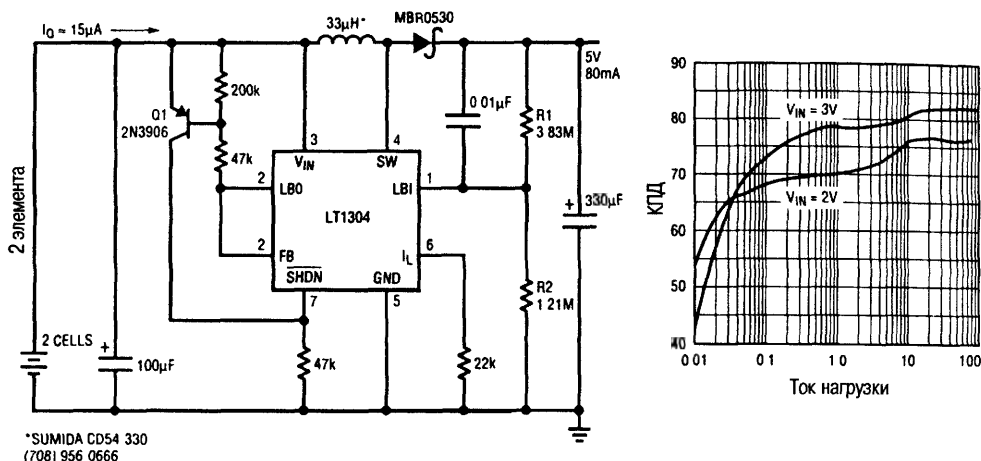
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ 5 В / 3,3 В С КПД 95%

Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.20

В современных вычислительных системах все чаще требуются напряжения и 3,3 В, и 5 В для питания цифровой части, а в наличии имеются только источники питания с напряжением 5 В. Поскольку напряжение питания 3,3 В все шире используется в новых разработках и моделях микропроцессоров, сопроцессоров, процессоров цифровой обработки сигналов и в микросхемах памяти, растущая потребность в источниках питания с напряжением 3,3 В практически исключает применение линейных стабилизаторов из-за их низкой экономичности и большой рассеиваемой мощности. Показанная на рисунке схема служит источником напряжения в 3,3 В при токах нагрузки до 5 А с эффективностью преобразования 94% и собрана на интегральном импульсном стабилизаторе LTC1148-3.3 с синхронным ключом. В этой схеме используются элементы для поверхностного монтажа (только дроссель L1 имеет обычные выводы), не требуется теплоотвод, и все устройство занимает очень мало места на печатной плате. Высокая эффективность преобразования обеспечивается даже при малых токах нагрузки за счет переключения в режим пачек импульсов, поэтому использование микросхемы LTC1148-3.3 особенно удобно в системах питания, в которых используются режимы нормальный/дежурный, как это происходит, например, в Green PC. LTC1148-3.3 может быть переключена в дежурный режим, при этом ток потребления микросхемы составит всего 22 мкА.

ПОВЫШАЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА 5 В С ПИТАНИЕМ ОТ ДВУХ БАТАРЕЙ



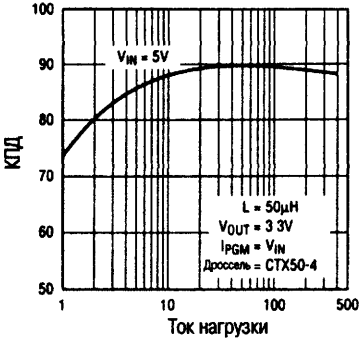
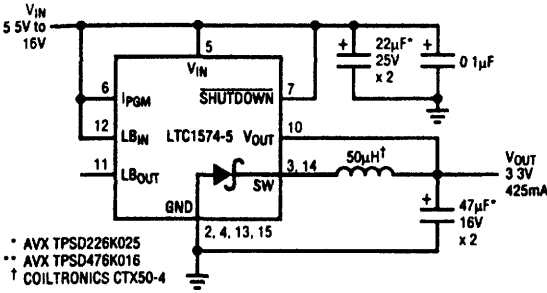
*SUMIDA CD54 330
(708) 956 0666

Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.21

Продление срока службы батарей в портативной аппаратуре, которая большую часть времени находится в дежурном режиме, является очень важной задачей, особенно при использовании всего двух батарей. Стандартная схема включения повышающего преобразователя напряжения LT1304 содержит два конденсатора, один диод, один дроссель и при питании от двух элементов выдает напряжение 5 В при токе нагрузки 200 мА со средней эффективностью преобразования 80%. При работе на очень малые нагрузки показанный на рисунке повышающий стабилизированный преобразователь LT1304 достигает эффективности преобразования 50% уже при токе нагрузки 10 мкА. За счет использования дополнительных цепей, переключающих стабилизатор в режим пакетов импульсов, достигается высокая эффективность преобразования в очень широком диапазоне токов нагрузки (что и показано на приведенном графике). Микро мощный стабилизированный преобразователь напряжения LT1304 снабжен встроенным компаратором, который включается при переводе микросхемы в дежурный режим. Уровень ограничения максимального тока ключа может быть выставлен на уровне до 1 А при помощи резистора на входе I_{lim} . В данной схеме этот ток составляет около 500 мА. Нижний предел входного напряжения находится на уровне 1,65 В, то есть устройство работоспособно даже при очень сильном разряде батарей. Встроенный компаратор отключает микро мощный стабилизатор LT1304 в том случае, когда выходное напряжение окажется выше, чем номинальные 5 В. При отключении микросхема LT1304 потребляет ток 10 мкА – меньше, чем 1/10 потребления тока в рабочем режиме равного 120 мкА. Когда выходное напряжение падает ниже номинального уровня (5 В), компаратор снова включает стабилизатор LT1304, и выходной конденсатор подзаряжается.

ПРОСТОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ 5 В / 3,3 В



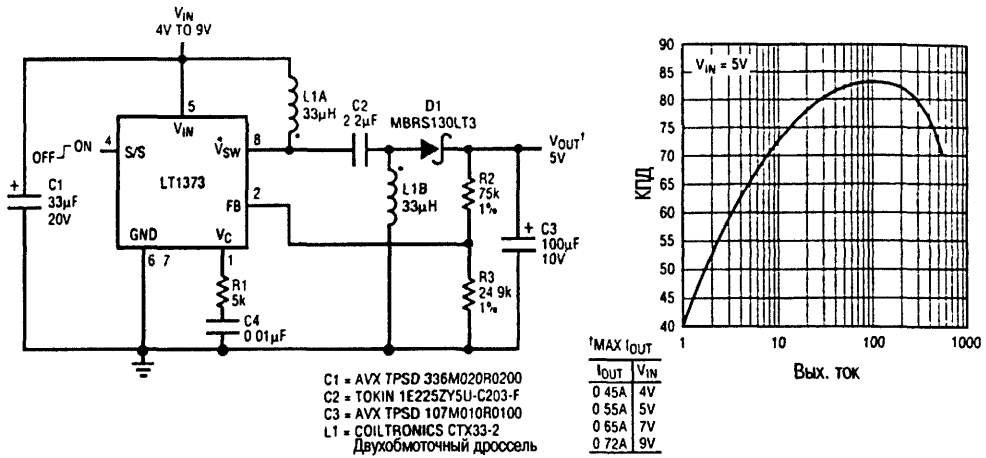
Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.22

В портативных цифровых системах, требующих источников питания с напряжениями 5 и 3,3 В, габариты и эффективность являются определяющими требованиями. Если использовать микросхему LTC1574-3.3, получается малогабаритный и простой источник питания с эффективностью преобразования более 90%. Стабилизированный преобразователь напряжения LTC1574-3.3 имеет встроенный диод Шоттки, сокращающий количество навесных элементов до трех. Эта высокоэффективная схема может быть собрана только на элементах для поверхностного монтажа. В ней используется режим пачек импульсов для повышения эффективности преобразования при малых токах нагрузки (см. график). Достижение столь высокой эффективности возможно благодаря встроенному силовому ключу на мощном МОП транзисторе с малыми потерями (типичная величина сопротивления сток-исток для данной схемы $R_{DS} = 1,2 \text{ Ом}$) и режиму работы с постоянной длительностью паузы. Преобразователь LTC1574 можно переключать в дежурный режим, ограничивая ток потребления на уровне, не превышающем 25 мкА.

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА 5 В
С ПИТАНИЕМ ОТ 4 ЭЛЕМЕНТОВ**

Получение выходного стабилизированного напряжения от 4-элементной никель-кадмиевой аккумуляторной батареи требует режима понижающего преобразователя, когда напряжение батареи больше 5 В (напряжение полностью заряженного аккумулятора 6 В), и режима повышающего преобразователя, если напряжение батареи падает от 5 В до 3,6 В при ее разряде. Преобразователь напряжения, схема которого показана на рисунке, достигает эффективности преобразования 83% при больших токах нагрузки (в диапазоне 100–200 мА); это лучше, чем при режиме с обратным ходом. Рабочая частота преобразователя (250 кГц) обуславливает малые индуктивности дросселей, к тому же оба дросселя по 33 мкГн намотаны на

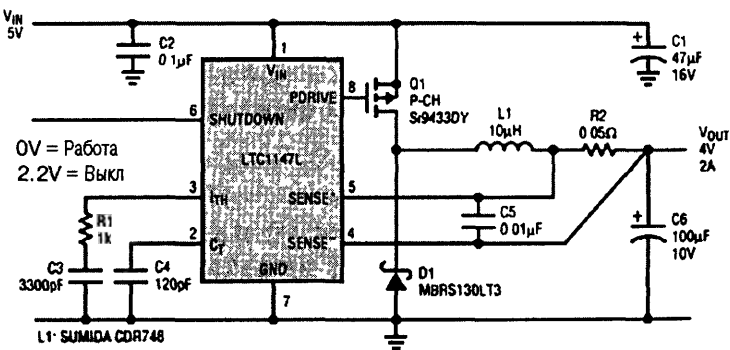


Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.23

один сердечник и занимают минимум места на печатной плате. При среднем токе потребления в рабочем режиме 1 мА микросхема LT1373 имеет высокую эффективность преобразования при высокой рабочей частоте, что продлевает срок службы используемых аккумуляторов. Эта микросхема является очень гибким прибором. Ее выходное напряжение устанавливается внешним резисторным делителем.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ 5 В / 4 В



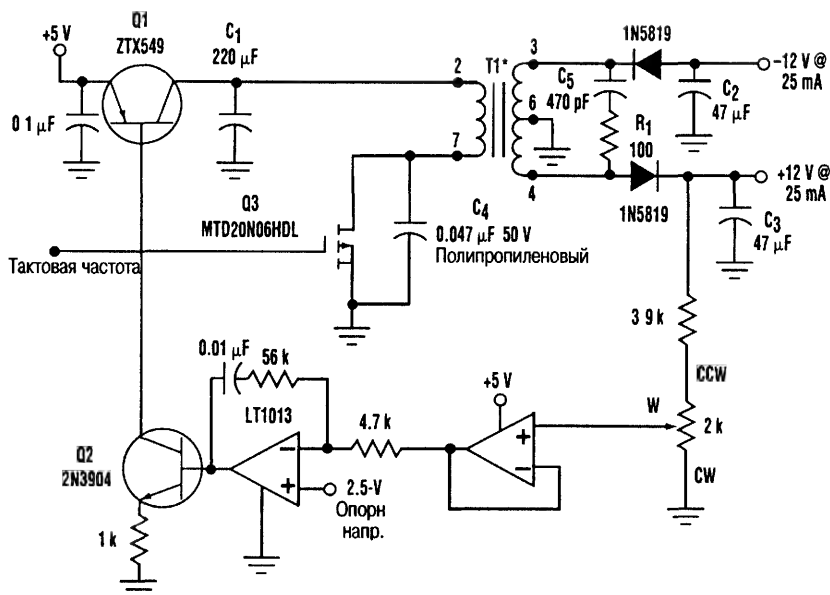
Linear Technology Power Solutions

Рис. 28.24

Получение напряжения 4 В для питания некоторых новых микропроцессоров от источника напряжением 5 В требует использования высокоэффективного импульсного преобразователя с малым падением напряжения на нем. Микросхема LTC1147L, которая использована в показанном на рисунке источнике питания, отвечает этому требованию и занимает на печатной плате площадь всего 3,87 см².

Высокоэффективный контроллер стабилизированного понижающего импульсного преобразователя LTC1147L используется совместно с мощным р-канальным МОП транзистором. Микросхема LTC1147L способна формировать управляющие импульсы со скважностью до 100%, поэтому выходное напряжение может быть почти равным входному. В этом устройстве используется режим постоянной длительности паузы, а рабочие частоты преобразователя могут превышать 400 кГц. Максимальный ток нагрузки определяется сопротивлением резистора R2, служащего датчиком тока.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ С МАЛЫМ УРОВНЕМ ПОМЕХ



Electronic Design

Рис. 28.25

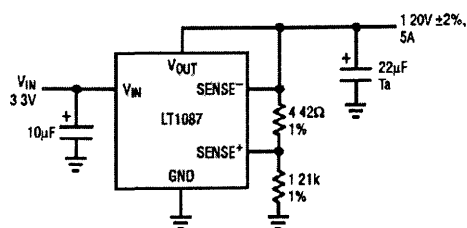
Примечание.

* Трансформатор T1: сердечник Philips 813E187-3C85, каркас Philips E187PBB1-8. Обмотка: 7 витков эмалированного провода #20 AWG. Начать намотку от вывода 2 каркаса (по часовой стрелке), конец обмотки распаять на вывод 7. Наложить изолирующий слой из майларовой ленты. Затем намотать 12 витков провода #24 AWG: 6 витков – от вывода 3 (по часовой стрелке), распаяв отвод на вывод 6, и еще 6 витков в том же направлении, распаяв конец обмотки на вывод 4. В сердечнике необходим зазор 0,05 мм. Индуктивность первичной обмотки – около 5 мкГн.

Малый уровень помех в цепях питания можно получить, используя этот недорогой универсальный преобразователь напряжения 5 В в ± 12 В. Двойная амплитуда широкополосного шума на выходе значительно меньше 500 мкВ. Преобразователь работает от внешнего синхросигнала частотой 80–120 кГц. Принцип работы преобразователя очень близок принципу работы генератора телевизионной строчной развертки. Управляемый внешними синхроимпульсами транзистор Q3 – это мощный МОП транзистор с изолированным затвором и пороговым напряжением, соответствующим стандартным логическим уровням. Когда транзистор Q3 открыт, ток в первичной обмотке трансформатора T1 начинает линейно нарастать. Когда транзистор Q3 закрывается, напряжение на его стоке нарастает до уровня около 25 В, поскольку конденсатор C4 образует резонансный контур с индуктивностью первичной обмотки трансформатора T1, при этом энергия может передаваться во вторичную обмотку. Когда напряжение обратного хода уменьшается и меняет знак, встроенный диод мощного МОП транзистора работает как диод обратного хода. Если в данный момент в контуре есть остаток энергии, то она через первичную обмотку трансформатора T1 идет на подзаряд конденсатора C1. После этого транзистор Q3 снова открывается, и цикл повторяется. Транзистор Q3 (осциллограмма 2) включается и выключается тогда, когда напряжение на его стоке близко к потенциалу «земли». Требования к мощности схемы управления затвором транзистора Q3 достаточно скромные, и им вполне соответствуют любые логические элементы из семейства 74НС. Стабилизация выходного напряжения обеспечивается усилителем сигнала ошибки (микросхема LT1013). Несмотря на то что регулирующий транзистор Q1 работает в линейном режиме, эффективность преобразования такой схемы может достигать 75%, если падение напряжения на транзисторе Q1 минимально. Этого можно добиться как регулировкой частоты синхросигнала, так и подбором емкости конденсатора C4, определяющего амплитуду и длительность импульса обратного хода.

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ 1,2 В ДЛЯ АКТИВНЫХ НАГРУЗОК GTL-ЛОГИКИ

Последние разработки в области сверхбыстродействующих цифровых схем привели к появлению нового семейства логических интегральных микросхем, названных GTL-логикой. Используемая в таких микросхемах высокоскоростная логика требует применения активных согласованных нагрузок в цепях межкаскадных соединений. Требуемое для этого напряжение составляет 1,2 В, а формировать его можно из напряжения 3,3 В, поступающего от общего источника питания. Интегральный стабилизатор LT1087 с малым падением напряжения на регулирующем элементе и током нагрузки до

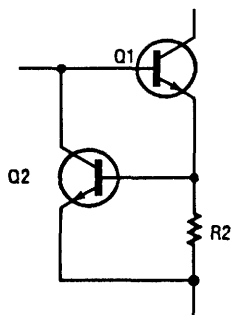


Linear Technology Power
Solutions

Рис. 28.26

5 А, использованный в показанной здесь схеме, соответствует данным требованиям, обеспечивая стабилизированное выходное напряжение $1,2 \text{ В} \pm 2\%$ при входном напряжении больше 2,7 В. Надо заметить, что в микросхеме LT1087 использован источник опорного напряжения 1,25 В, но входной каскад усилителя обратной связи позволяет применять схему Кельвина (4-проводную). Для получения выходного напряжения меньше опорного в схему включен резистор сопротивлением 4,42 Ом, причем столь простое решение не влияет на коэффициент стабилизации. Предлагаемый источник питания для активных нагрузок GTL-логики имеет максимальный ток нагрузки до 5 А и может работать от входного напряжения 3,3, 5 В и даже более высокого, хотя для минимизации рассеиваемой прибором мощности рекомендуется использовать напряжение 3,3 В.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР С ОГРАНИЧЕНИЕМ ТОКА



Electronics
Now

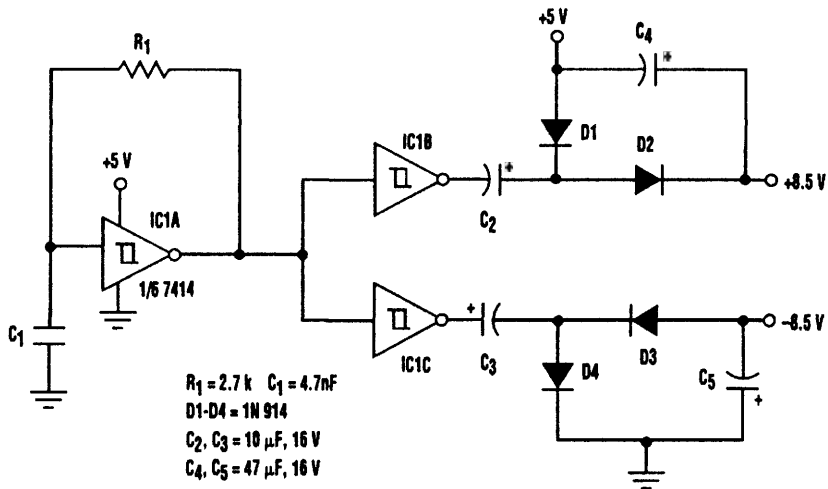
Рис. 28.27

Если максимально допустимая величина тока регулирующего транзистора превышена, транзистор Q1 может быть поврежден или выведен из строя. Для предотвращения этого нужно добавить токоограничивающий транзистор (см. рис. 28.27). Если ток через Q1 становится достаточно большим, то напряжение на резисторе R2 возрастает и достигает уровня, при котором может открыться транзистор Q2. В этом случае его внутреннее сопротивление уменьшается и ограничивается напряжение смещения на базе транзистора Q1, выходной ток которого устанавливается на определенном уровне. Токоограничивающий транзистор и резистор, показанные на рисунке, защищают регулирующий

транзистор и выпрямительные диоды при случайном закорачивании выходных разъемов. В то же время добавление транзистора Q2 увеличивает и без того значительную рассеиваемую на регулирующем транзисторе Q1 мощность, когда схема работает на низкоомную нагрузку.

БЕСТРАНСФОРМАТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ

Эта конфигурация может оказаться полезной в тех случаях, когда для нескольких устройств на одной плате необходим двухполярный источник питания, а имеется только источник питания напряжением +5 В. Для данной схемы не нужны ни интегральные преобразователи напряжения, ни трансформаторы, ни дроссели. Три инвертирующих триггера Шмидта, например из микросхемы 7414, составляют ядро



Electronic Design

Рис. 28.28

этой схемы (см. рис. 28.28). Первый инвертор включен как высокочастотный импульсный генератор, использующий один резистор и один конденсатор. Для номиналов резистора и конденсатора, показанных на схеме, частота на выходе генератора будет около 100 кГц. Частоту колебаний можно рассчитать по формуле $f = 1/T$, где $T = R_1 \times C_1 \times \ln [(1 - V_{CC} / V_{LT}) / (1 - V_{CC} / V_{UT})]$, а R_1 и C_1 – время-задающие элементы импульсного генератора; V_{CC} – напряжение питания схемы, V_{LT} и V_{UT} – соответственно нижний и верхний пороги гистерезиса триггера Шмидта. Выходной сигнал генератора поступает на входы двух инверторов, которые, в свою очередь, управляют двумя диодно-конденсаторными удвоителями напряжения. Напряжение на выходах диодно-конденсаторных умножителей составляет около 8,5 В с соответствующей полярностью. Диоды D1 – D4 должны быть импульсными быстродействующими например типа 1N914 или 1N4148. В результате на выходах схемы можно получить напряжения $\pm 8,5$ В от одного источника питания напряжением +5 В, что очень удобно в самых различных случаях.

Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
2N4393		КП302ГМ	
2N5401		КТ6116А	
BAT43			Диоды Шоттки
BC487		КТ342Б, Д; КТ630Е	
IRFZ44	КП723А		

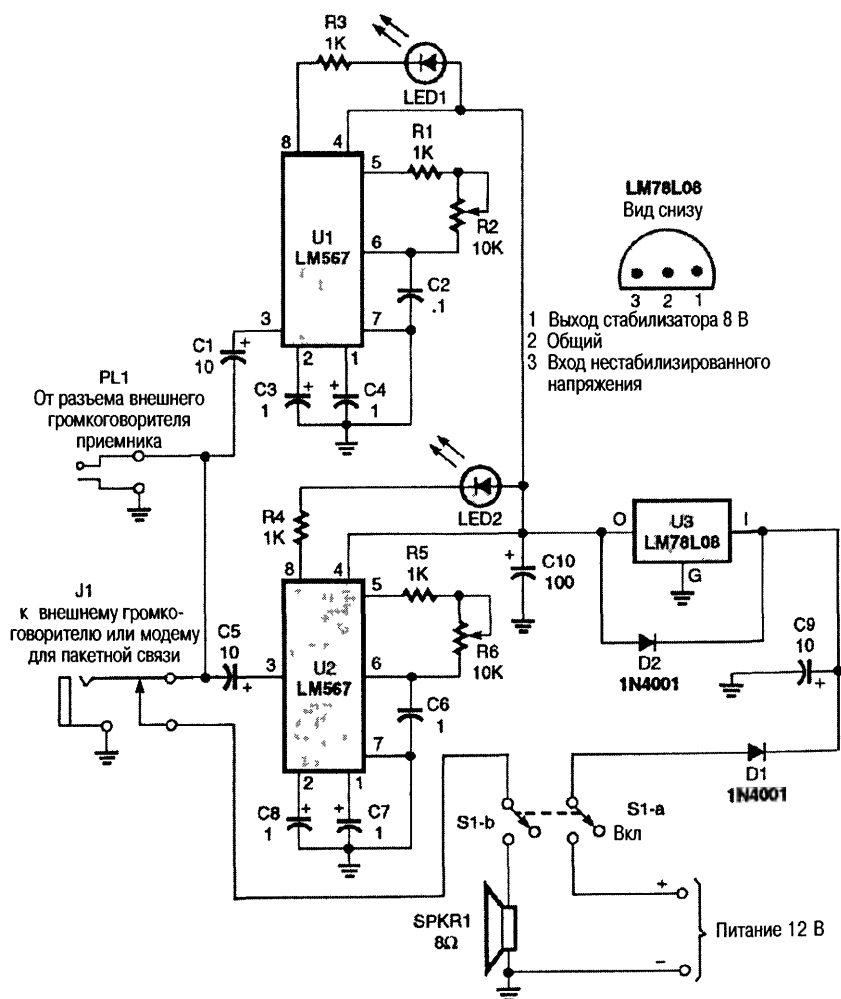
Аналоги и возможные замены (окончание)

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
MBR, MBRS			Мощные диоды Шоттки и сборки из них производства компании Motorola
MUR			Мощные высокоскоростные диоды с так называемым мягким восстановлением обратного сопротивления. Используются как выпрямители в высоковольтных импульсных источниках питания
ZTX549			Импульсные транзисторы компании Zetex не имеют ни приблизительных, ни прямых замен. Следует отбирать транзисторы, имеющие при заданном токе коллектора максимальный коэффициент передачи тока на границе насыщения V_{ce} (см. перечень импульсных транзисторов в конце книги)

ГЛАВА 29

СХЕМЫ ДЕКОДЕРОВ

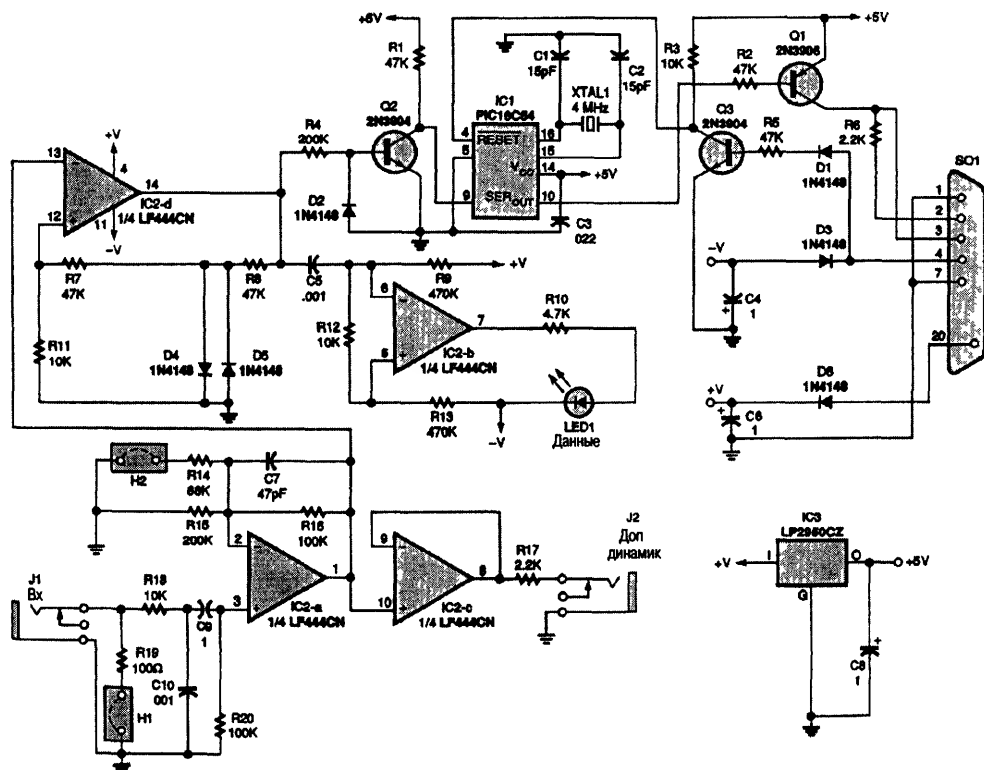
ИНДИКАТОР НАСТРОЙКИ ДЛЯ ПАКЕТНОЙ РАДИОСВЯЗИ



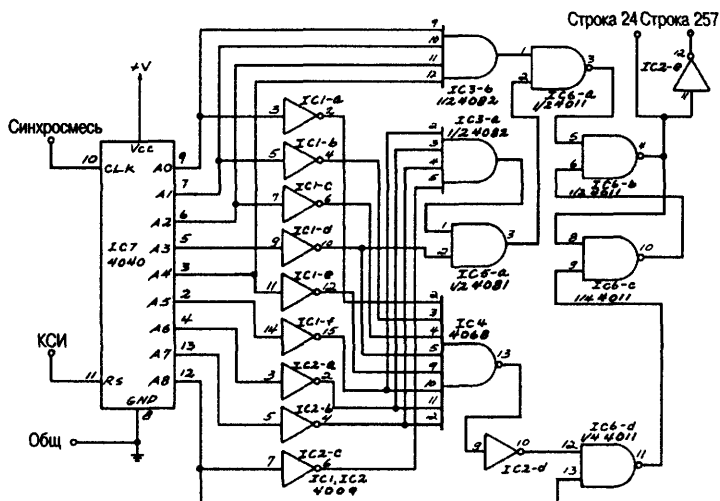
Индикатор настройки собран на двух тон-декодерах, одинаково включенных и имеющих общий источник питания, но настроенных на разные частоты. Когда на декодер поступает сигнал соответствующей частоты, то загорается светодиод. Настроить схему очень просто: в нормальном режиме должны светиться оба светодиода.

ДЕКОДЕР СООБЩЕНИЙ АЛФАВИТНО-ЦИФРОВЫХ ПЕЙДЖЕРОВ

Этот декодер пейджерных сообщений включается между выходом всеволнового сканирующего приемника, подключаемого к гнезду J1, и последовательным портом ПК через соединитель DB25. Для нормальной работы схемы необходимо программное обеспечение, которое можно получить через Internet с сайта <http://cylex-inc.com/download.htm>.



ДЕШИФРАТОР ТВ СТРОК I

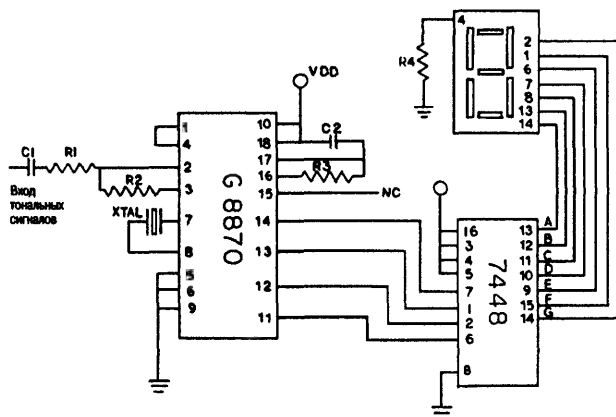


Electronics Now

Рис. 29.3

Эта схема формирует на выходе импульсный сигнал в начале 24 и 257 строк телевизионного раstra. Устройство применяется в специальном декодере. В схеме используются счетчик на КМОП микросхеме и логические элементы. Для обеих интересующих строк выходной сигнал схемы формируется на одном и том же выводе.

ДЕКОДЕР СИГНАЛОВ DTMF I



Nuts & Volts Magazine

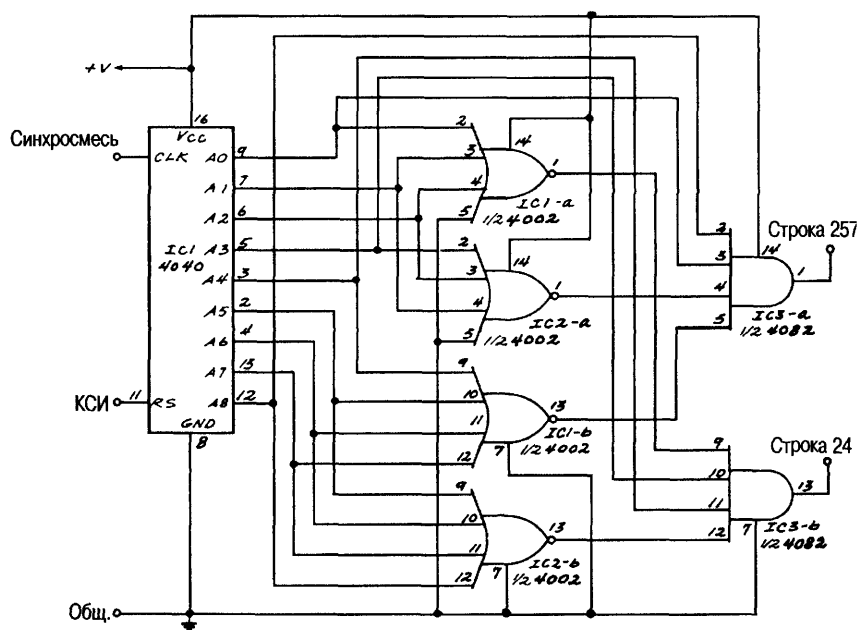
Рис. 29.4

Примечание. Конденсаторы $C1 = C2 = 0,1 \text{ мкФ}$, резисторы $R1 = R2 = 100 \text{ кОм}$, $R3 = 300 \text{ кОм}$.

В этом устройстве используется микросхема приемника-декодера двухтональных посылок кода DTMF типа G8870 для обработки сигналов DTMF и вывода кода на 7-сегментный светодиодный индикатор, управляемый микросхемой преобразователя двоично-десятичного кода в 7-сегментный типа 7448. В тактовом генераторе применяется стандартный кварцевый резонатор на частоту 3,579 МГц, используемый в блоках цветности системы NTSC.

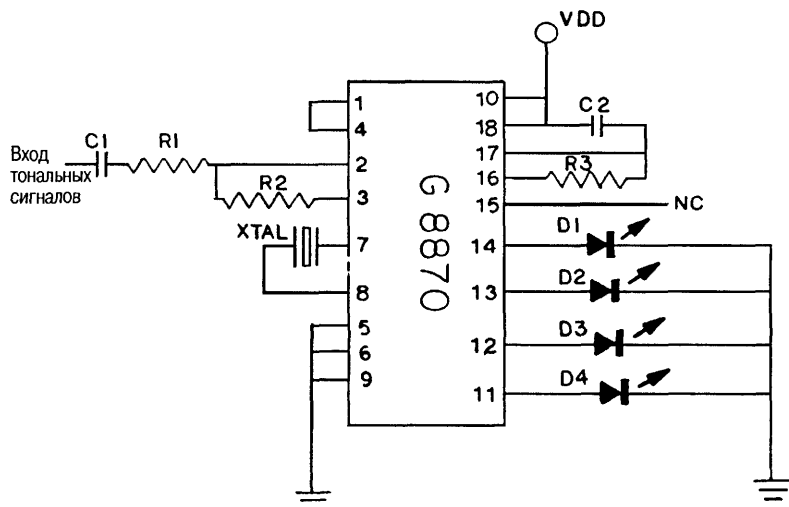
ДЕШИФРАТОР ТВ СТРОК II

Эта схема формирует выходные сигналы в начале 24 и 257 строк телевизионного растра. Устройство применяется в специальном декодере. Используются счетчик на КМОП микросхеме и логические элементы.



ДЕКОДЕР СИГНАЛОВ DTMF II

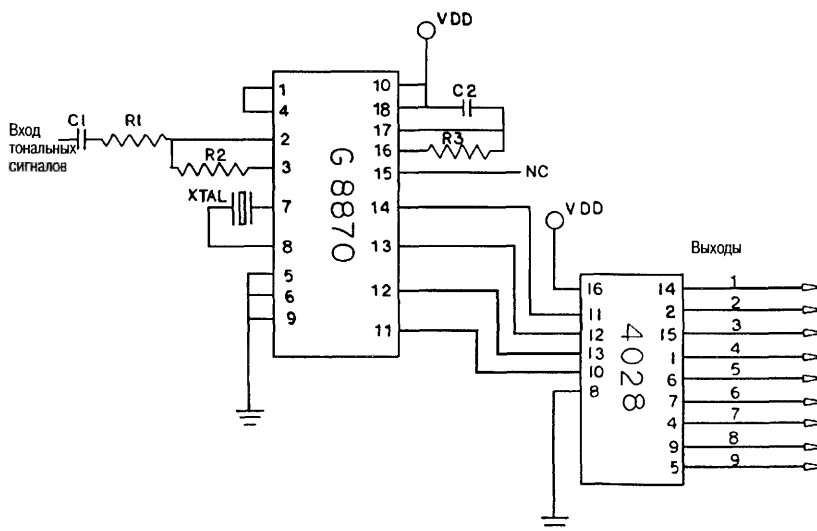
В этом устройстве используется микросхема приемника-декодера двухтональных посылок кода DTMF типа G8870 для обработки сигналов DTMF и вывода кода в двоичном коде на обычные светодиоды. В тактовом генераторе применяется стандартный кварцевый резонатор на частоту 3,579 МГц, используемый в блоках цветности системы NTSC.

**Рис. 29.6**

Nuts & Volts Magazine

Примечание. Конденсаторы $C1 = C2 = 0,1$ мкФ, резисторы $R1 = R2 = 100$ кОм, $R3 = 300$ кОм. Светодиоды D1 – D4 красные, с малым диаметром корпуса.

ПРИЕМНИК И ДЕКОДЕР СИГНАЛОВ DTMF

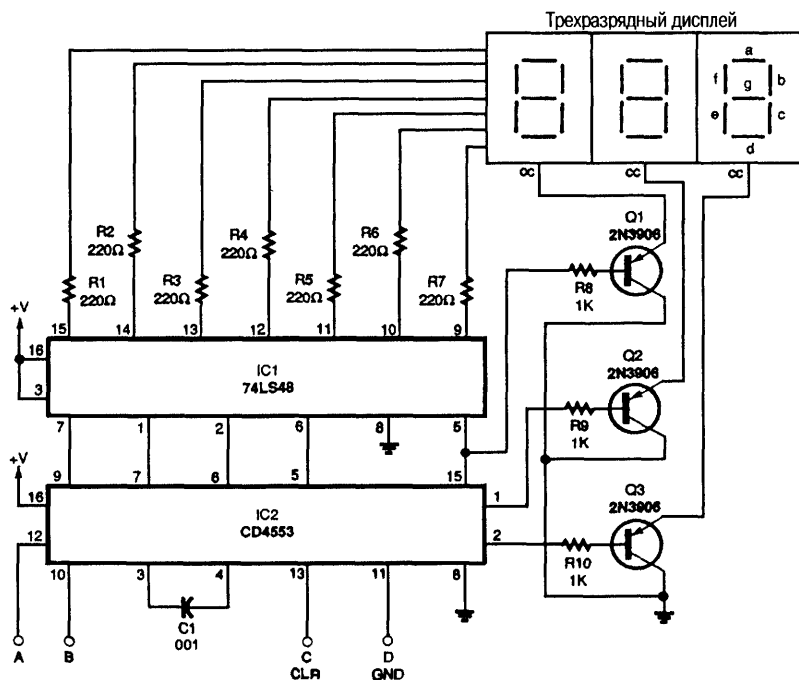
**Рис. 29.7**

Nuts & Volts Magazine

Примечание. Конденсаторы $C1 = C2 = 0,1$ мкФ, резисторы $R1 = R2 = 100$ кОм, $R3 = 300$ кОм.

В этом устройстве используется микросхема приемника-декодера двухтональных посылок кода DTMF типа G8870 для обработки сигналов DTMF и вывода информации на отдельные выходы в позиционном коде, получаемом с помощью микросхемы двоично-десятичного дешифратора типа 4028. В тактовом генераторе применяется стандартный кварцевый резонатор на частоту 3,579 МГц, используемый в блоках цветности системы NTSC.

ДВОИЧНО-ДЕСЯТИЧНЫЙ ДЕШИФРАТОР С ИНДИКАТОРОМ



Electronics Experimenters Handbook

Рис. 29.8

Представленный на схеме двоично-десятичный дешифратор-драйвер 7-сегментного индикатора служит интерфейсом стандартного вывода данных в двоично-десятичном коде и организует цифровую индикацию поступающих данных.

ТОН-ДЕКОДЕР РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИХ ТЕЛЕТАЙПНЫХ СИГНАЛОВ (RTTY)

На рисунке показана полная принципиальная схема тон-декодера сигналов RTTY. Входной фильтр собран на микросхеме IC1a в виде фильтра верхних частот третьего порядка (крутизна спада – 18 дБ на октаву) с частотой среза около 750 Гц.

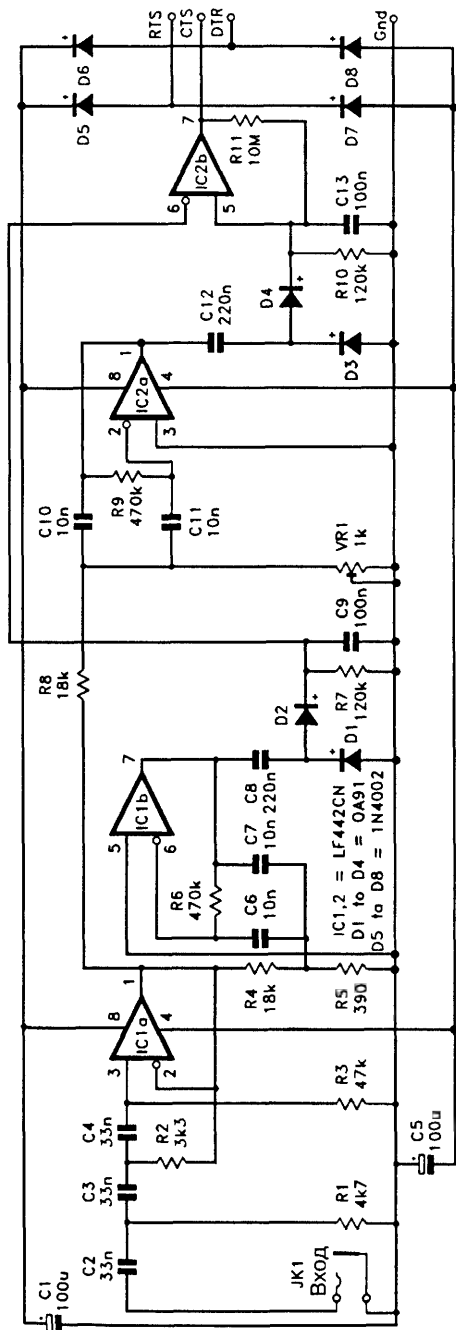


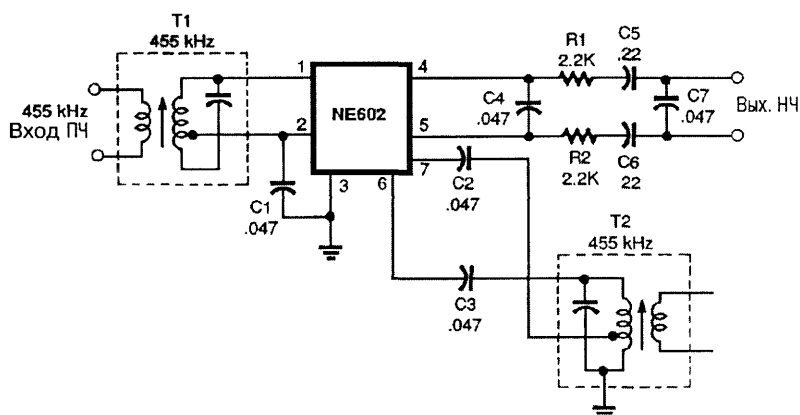
Рис. 29.9

На микросхеме IC1b выполнен полосно-пропускающий фильтр для более высоких частот; его выход через конденсатор C8 соединен с обычным однополупериодным выпрямителем с удвоением напряжения на диодах D1 и D2 и сглаживающим фильтром. Постоянная времени R7 и C9 достаточно велика для хорошего сглаживания пульсаций выходного сигнала, но в то же время достаточно мала, чтобы устройство могло быстро обрабатывать изменения тонового входного сигнала от одной частоты к другой. Второй полосно-пропускающий фильтр выполнен на микросхеме IC2a и по схеме отличается от первого только использованием в одном из плеч входного делителя подстроечного резистора VR1. Он служит для регулировки второго фильтра, так как в рабочем режиме его резонансная частота должна быть на 170 Гц ниже, чем у первого. Если необходимо, то она может быть на 170 Гц выше. Этим же подстроечным резистором можно выставить другой разнос частот, отличный от 170 Гц. Выход микросхемы IC2a (вывод 1) через конденсатор C12 соединен с таким же выпрямителем и сглаживающим фильтром, как и на выходе первого фильтра. Выходы обоих сглаживающих фильтров поданы на входы микросхемы IC2b, которая работает в режиме компаратора напряжения. Небольшая положительная обратная связь по постоянному току обеспечивается резистором R11 и позволяет обойти проблему случайных импульсов на выходе, когда на входе устройства нет полезного сигнала, а присутствует только шум. Питание на схему подается от двух линий управляющих сигналов последовательного порта ПК, не используемых в работе с устройством. На диодах D5 – D8 собран мостовой выпрямитель, который гарантирует правильную полярность напряжения питания устройства. Нагрузочная способность линий управляющих сигналов обычно

ГЛАВА 30

СХЕМЫ ДЕТЕКТОРОВ

БАЛАНСНЫЙ ДЕТЕКТОР НА NE602



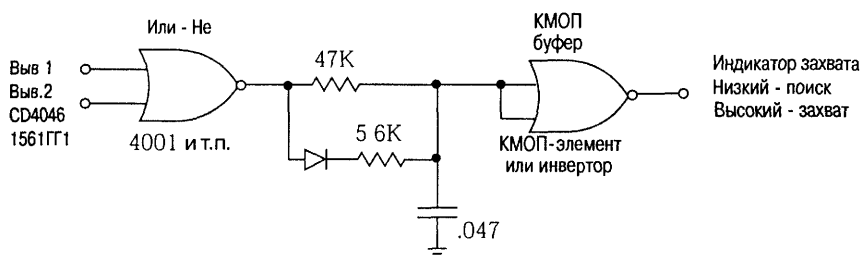
Electronics Now

Рис. 30.1

В этой схеме микросхема NE602 используется в качестве балансного детектора. Номиналы элементов зависят от рабочей частоты, а те, которые указаны, соответствуют частоте 455 кГц. Надо отметить, что на низкочастотном выходе микросхемы применяется пассивный RC-фильтр. Контур ПЧ T2 в данном случае работает как частотоподающий контур местного гетеродина на 455 кГц (или генератора частоты биений).

ДЕТЕКТОР ЗАХВАТА ФАПЧ

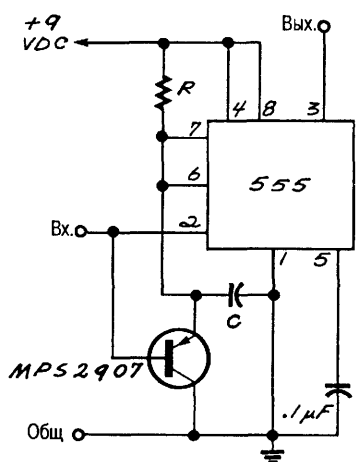
Когда петля находится в состоянии захвата, сигналы на выводах 1 и 2 микросхемы CD4046В полностью комплементарны (один является инверсией другого). В таком случае на выходе первого элемента ИЛИ-НЕ будет низкий логический уровень. Когда в петле ФАПЧ захвата нет, на выходе элемента ИЛИ-НЕ формируется последовательность импульсов. Они заряжают конденсатор емкостью 0,047 мкФ, что вызывает срабатывание второго элемента и появление на его выходе низкого логического уровня. Это может быть любой КМОП логический элемент или буфер.



Вильям Шиитс

Рис. 30.2

ДЕТЕКТОР ВЫПАДЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ



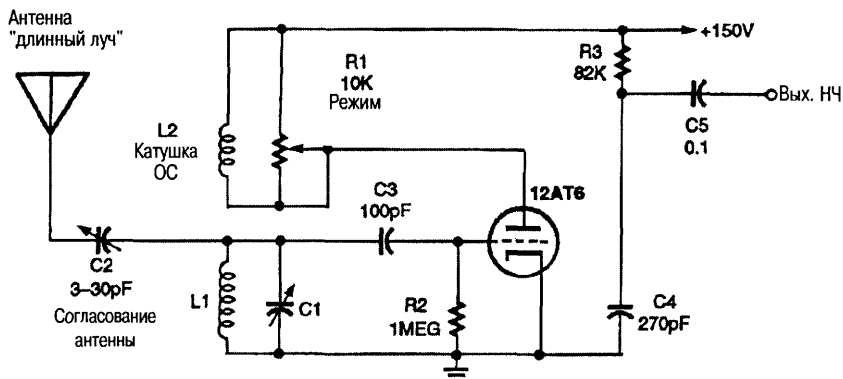
Electronics Now

Рис. 30.3

Детектор выпадения импульсов – схема, сигнал на выходе которой появляется только в случае пропадания сигнала на ее входе. На рис. 30.3 микросхема таймера 555 включена в режиме ждущего мультивибратора, генерирующего импульс, ширина которого определяется показанными на схеме сопротивлением резистора R и емкостью конденсатора C . Номиналы этих элементов можно рассчитать по формуле $T = 1,1RC$. Их следует выбирать так, чтобы длительность выходных импульсов была примерно вдвое больше, чем длительность запускающих импульсов на входе схемы. До тех пор пока импульсы поступают на вход схемы непрерывно, на выходе таймера 555 будет высокий логический уровень. Если хотя бы один импульс на вход не поступит, то сработает таймер, на выходе которого установится низкий логический уровень вплоть до следующего входного импульса. Низкий логический уровень на выходе 555 может запускать сигнал тревоги, регистратор времени, счетчик или любое другое устройство.

ПРОСТЕЙШИЙ РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ДЕТЕКТОР НА ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАМПЕ

Традиционный регенеративный приемник на электронной лампе фактически представляет собой высокочастотный генератор Армстронга с регулируемой обратной связью, к которому подключена антенна и резонансный контур. Конденсатор $C1$ – обычно переменный, с максимальной емкостью 140 пФ, а катушки индуктивности $L1$ и $L2$ намотаны на каркас с цоколем, причем количество витков катушки $L2$, как правило, составляет от 10 до 20% числа витков катушки $L1$; обычно она наматывается от «холодного» конца. Индуктивность катушек зависит от выбранного диапазона волн, а работает эта схема на частотах от 150 кГц до 18 МГц.



Electronic Design

Рис. 30.5

ЭЛЕКТРОМЕТР ВЫСОКОГО НАПЯЖЕНИЯ

Одно плечо мостика Уитстона заменено n-канальным полевым транзистором с управляющим рп-переходом типа MPF102. Очень большое входное сопротивление цепи затвора полевого транзистора превращает простейшую мостовую схему в чувствительный высоковольтный электрометр. Этот затвор привязан к потенциалу «земли» через 4 резистора сопротивлением 22 МОм каждый. Отрезок медного одножильного провода длиной 25–51 мм подключен прямо к затвору и служит входным электродом. Зачистив электрод, следует установить стрелку измерительной головки на нулевое деление шкалы регулировкой потенциометра R8. Затем можно, к примеру, провести расческой по волосам и поднести ее к электроду. Стрелку должно зашкалить. Если поместить электрод прибора рядом с компьютером или с другим чувствительным к статическому электричеству устройством, то следует обратить особое внимание на те места, в которых стрелка прибора отклоняется.

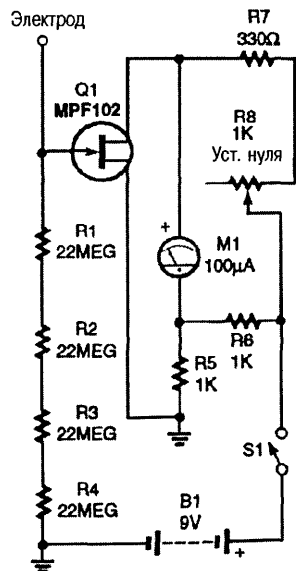
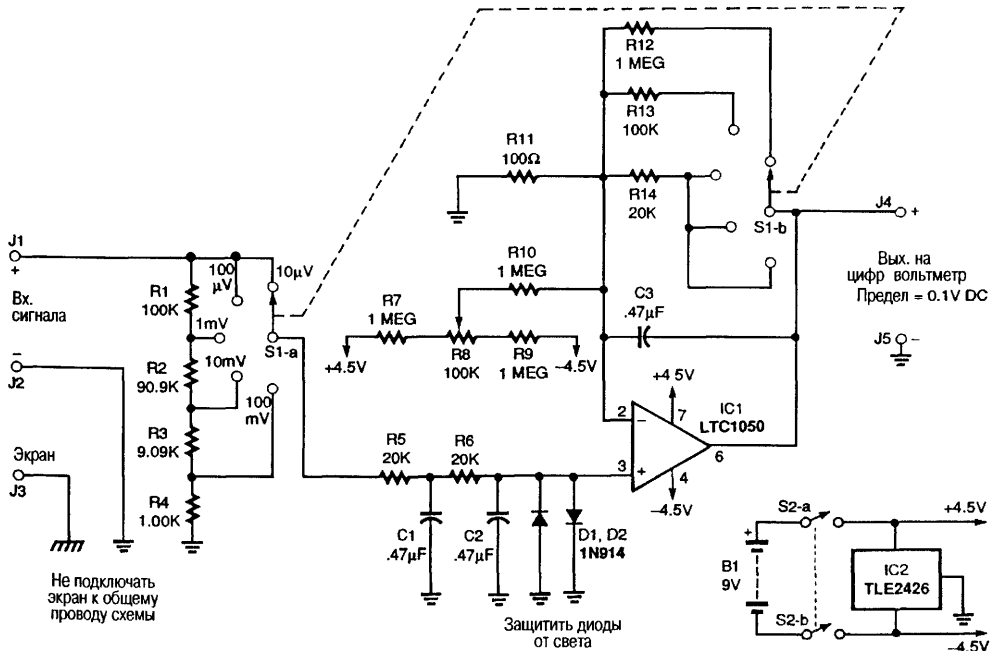
Popular
Electronics

Рис. 30.5

НУЛЬ-ДЕТЕКТОР

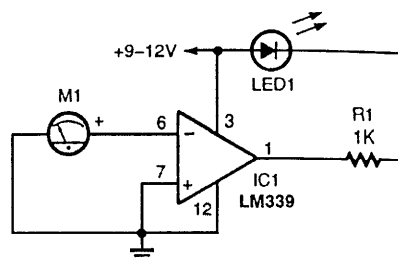
Этот ноль-детектор собран на операционном усилителе LTC1050 компании Linear Technology. В данном прецизионном приборе используется оригинальная схема стабилизации режимов, что позволяет ему работать практически без сдвига, дрейфа и прочих погрешностей. Гарантированное усиление на постоянном

токе – более 130 дБ, так что достаточно одного усилителя. Уровни входных токов смещения и сдвига находятся в пикоамперной области; наконец, конденсаторы устройств выборки-хранения расположены прямо на кристалле, что еще более упрощает схему нуля-детектора. Прибор должен иметь батарейное питание, но ни один элемент или батарея не могут выдать двухполярное напряжение питания. Для этого подойдет микросхема TLE2426 – «разделитель питания» и формирователь потенциала «виртуальной земли». Подключение этого специального делителя/буфера позволяет получить от стандартной батареи 9 В двухполярное напряжение питания $\pm 4,5$ В – идеальное для операционного усилителя технологии КМОП. Максимальное входное напряжение данного детектора ограничено уровнем в 100 мВ. Наиболее чувствительный предел – 10 мкВ полной шкалы. Это позволяет при помощи детектора различать разницу напряжений в 1 мкВ. Входное сопротивление составляет 200 кОм для сигналов с уровнями, не превышающими выбранного предела, а при перегрузках входное сопротивление составит 40 кОм. Величина максимального сигнала на входе определяется максимально допустимым напряжением первого конденсатора входного фильтра, так как при перегрузках напряжение на этом конденсаторе составляет примерно половину входного.



ДЕТЕКТОР ВИБРАЦИЙ

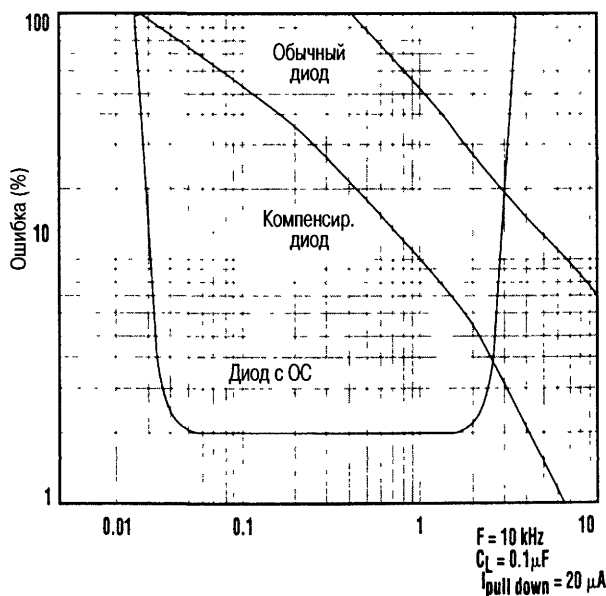
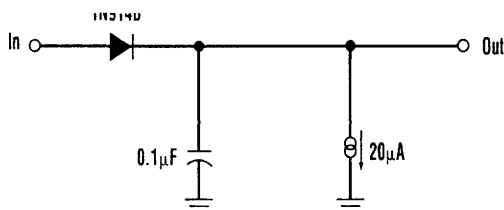
Наличие движущихся частей в механизме гальванометра Д'Арсонваля позволяет использовать его и как детектор вибраций. При колебаниях стрелки гальванометр вырабатывает напряжение. В схеме можно применить любую измерительную головку, однако наилучшие результаты даст высокочувствительная головка высокого класса точности с током полного отклонения 20–50 мкА.



Popular Electronics

Рис. 30.7

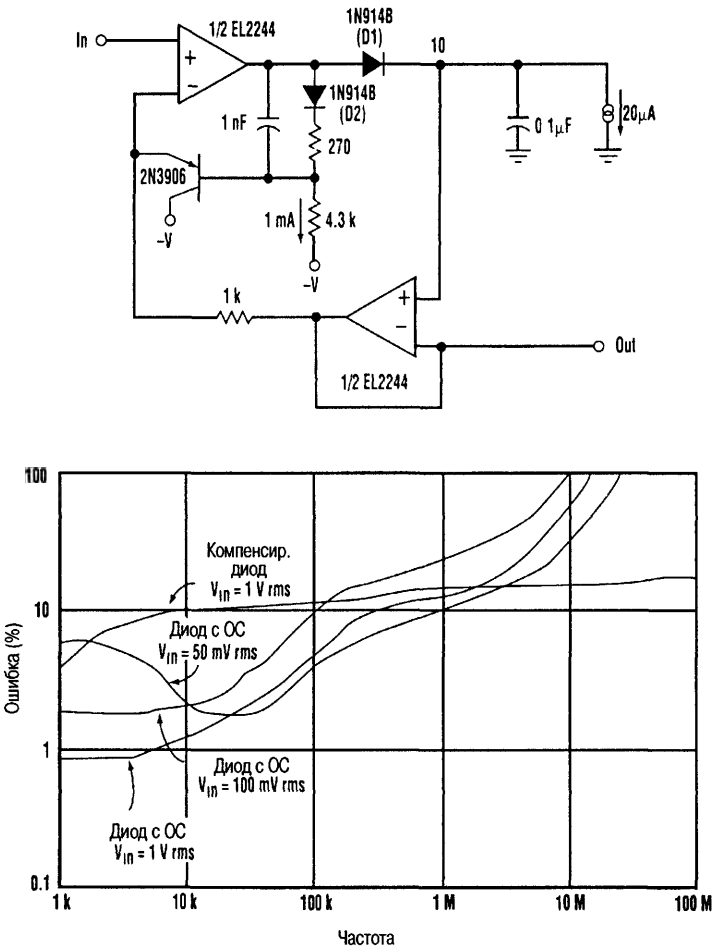
ПИКОВЫЙ ДЕТЕКТОР



Popular Electronics

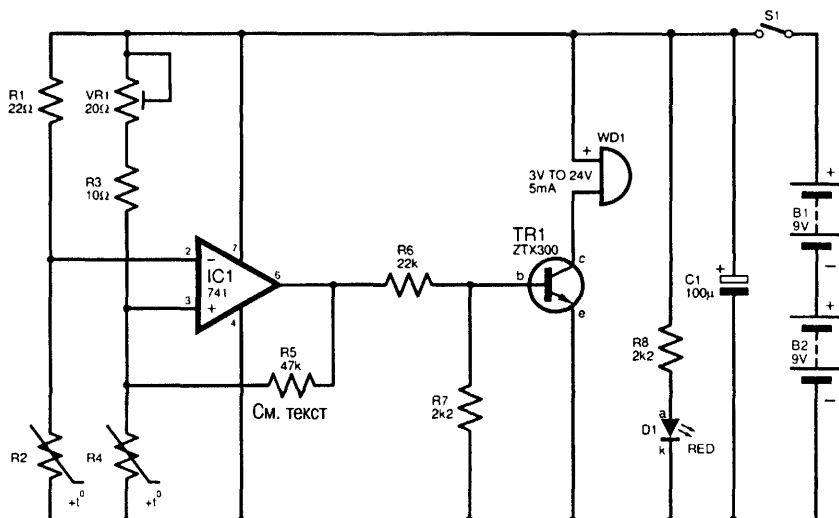
Рис. 30.8 (а)

Простой пиковый детектор в его самой распространенной конфигурации позволяет получить погрешность меньше 10% только при очень больших уровнях напряжения на входе (см. схему на рис. 30.8а). Если диод линеаризован, то при той же самой погрешности (10%) рабочий диапазон входного напряжения расширяется до 1 В пиковых (см. график на рис. 30.8а).



Цепь обратной связи обеспечивает более высокую точность и нужную чувствительность на входе. Обратная связь делает возможной работу пикового детектора при очень малом входном напряжении – около 50 мВ_{эфф} (см. схему на рис. 30.8б). Если допустима погрешность 5%, то предлагаемая схема имеет диапазон рабочих частот до 100 кГц (см. график на рис. 30.8б).

ДЕТЕКТОР ТЯГИ

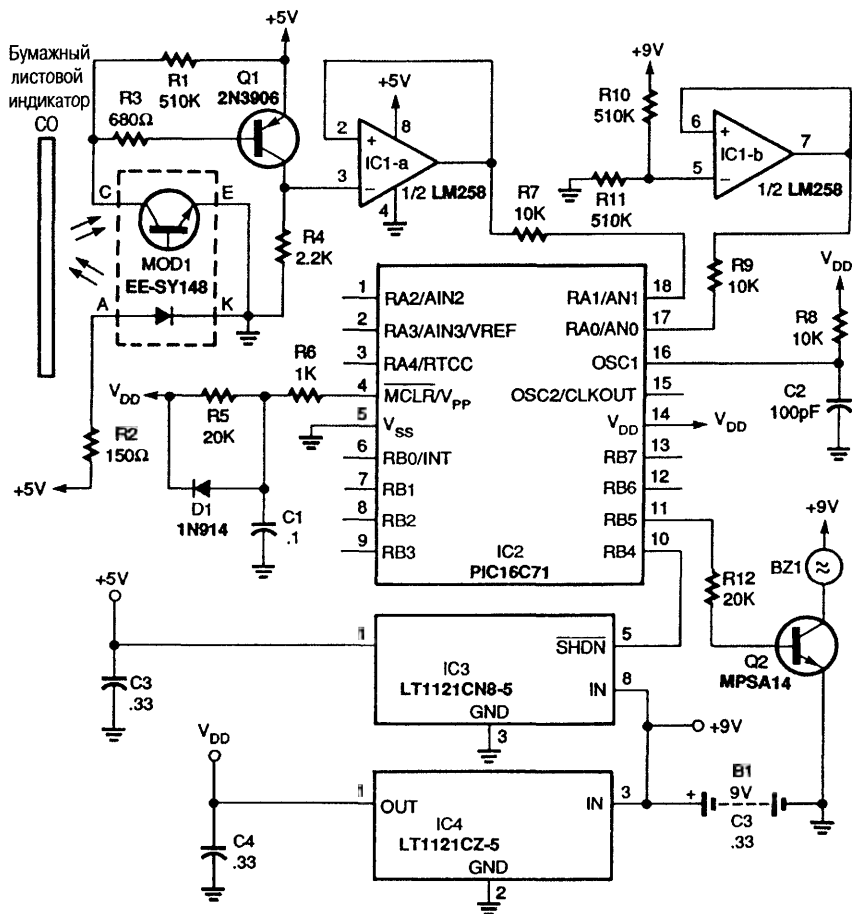


Electronics Now

Рис. 30.9

На рисунке показана принципиальная схема детектора тяги, ключевыми элементами которого являются нелинейные резисторы R2 и R4 – они составляют пару одинаковых терморезисторов с положительным температурным коэффициентом (позисторов). Важно использовать терморезисторы именно такого типа. Если замкнуть выключатель S1, ток потечет от источника питания 18 В к остальной части схемы. Терморезисторы R2 и R4 включены в пару делителей напряжения. Первый делитель состоит из постоянного резистора R1 в верхнем плече и терморезистора R2 в нижнем, а второй – из подстроечного резистора VR1, соединенного последовательно с постоянным резистором R3 в верхнем плече и терморезистором R4 в нижнем. При температуре в помещении ниже $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ток через терморезисторы будет равен примерно 150 мА (величина, вполне достаточная для их самонагрева). При таком токе они достигнут пороговой температуры в течение нескольких секунд. Режим терморезисторов стабилизируется при температуре около $+75\text{ }^{\circ}\text{C}$, соответствующей сопротивлению около 500 Ом. При отсутствии тяги вокруг каждого из них образуется слой теплого воздуха. Конструкция же устройства такова, что терморезистор R4 полностью изолирован от вызываемых тягой потоков воздуха и газов, в которых расположен детектор R2. При появлении тяги слой теплого воздуха вокруг этого детектора разрушается, к нему поступает более холодный воздух, и терморезистор слегка охлаждается. Соответственно уменьшается его сопротивление и, следовательно, напряжение на нем. Напряжение на терморезисторе R2 при этом не меняется, и на входах операционного усилителя IC1 возникает небольшое разностное напряжение, которое усиливается, создавая на выходе положительный уровень. В таком случае включается сигнал тревоги, в схему которого резистор R5 вносит небольшой гистерезис.

ДЕТЕКТОР УГАРНОГО ГАЗА



Electronics Now

Рис. 30.10

В этой схеме используется линзовый оптический датчик, через который подсвечивается СО-реагент и оценивается доля отраженного от него света. Реагент для обнаружения угарного газа (СО) в нормальной атмосфере имеет окраску бледно-желтого цвета и темнеет при наличии в атмосфере оксида углерода-2 (СО). Согласно спецификации изготовителя карточек с СО-реагентом, при малой концентрации угарного газа (на уровне 100 частей на миллион) рабочий слой карточки потемнеет через 15–45 мин. При концентрации порядка 600 частей на миллион рабочий слой потемнеет всего за 1–2 мин. Реагент восстанавливает свой оригинальный цвет примерно за 10 мин пребывания в чистой атмосфере (время восстановления зависит от той концентрации СО, при которой он потемнел). Основой всего детектора является микроконтроллер PIC16C71 (IC2), содержащий встроенный 8-разрядный 4-канальный аналого-цифровой преобразователь. Вместе

с микроконтроллером главным элементом данной схемы является MOD1 – оптический отражательный модуль EE-SY148 производства компании Omron. Модуль направляет на СО-реагент инфракрасное излучение и принимает отраженную им часть. Если в атмосфере присутствует угарный газ, то реагент темнеет и у него снижается отражательная способность. Уменьшение уровня отраженного излучения регистрируется микроконтроллером, который включает зуммер BZ1.

Аналоги и возможные замены

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
12AT6		12C3C	Подойдет любой высокочастотный триод или половинка двойного триода
EE-SY148			Подойдет любая оптопара с открытым каналом на отражение, а также самодельный модуль из дискретных ИК светодиода и фототранзистора
EL2244			Сверхвысокоскоростной операционный усилитель с токовой обратной связью
LT1050			КМОП операционный усилитель особо высокой точности на постоянном токе (практически нулевой дрейф, минимальный уровень шума). В этой микросхеме использован оригинальный способ стабилизации параметров, сочетающий преимущества схем модулятор-демодулятор и периодической компенсации дрейфа
LT1121CN8-5, LT1121CZ-5			Серия интегральных стабилизаторов с малым падением напряжения на регулирующем транзисторе. Отличаются высокой точностью и стабильностью выходного напряжения
MPS2907	KT313	KT3107	
MPSA14		KT685	
ZTX300			Импульсные транзисторы компании Zetex не имеют ни аналогов, ни прямых замен. Следует отбирать транзисторы, имеющие при заданном токе коллектора максимальный коэффициент передачи тока на границе насыщения $B_{\text{н}}$
TLE2426			Специальная микросхема — формирователь «виртуальной земли» для получения двухполярного питания в батарейных устройствах

ГЛАВА 31

СХЕМЫ ДИСПЛЕЕВ И ИНДИКАТОРОВ

БАЗОВАЯ СХЕМА ПРОСТОГО 4-РАЗРЯДНОГО ВОЛЬТМЕТРА

Данная схема разработана с применением микросхемы АЦП/драйвера светодиода индикатора производства компании Harris Semiconductor. Источник питания схемы двухполярный, на напряжение ± 5 В.

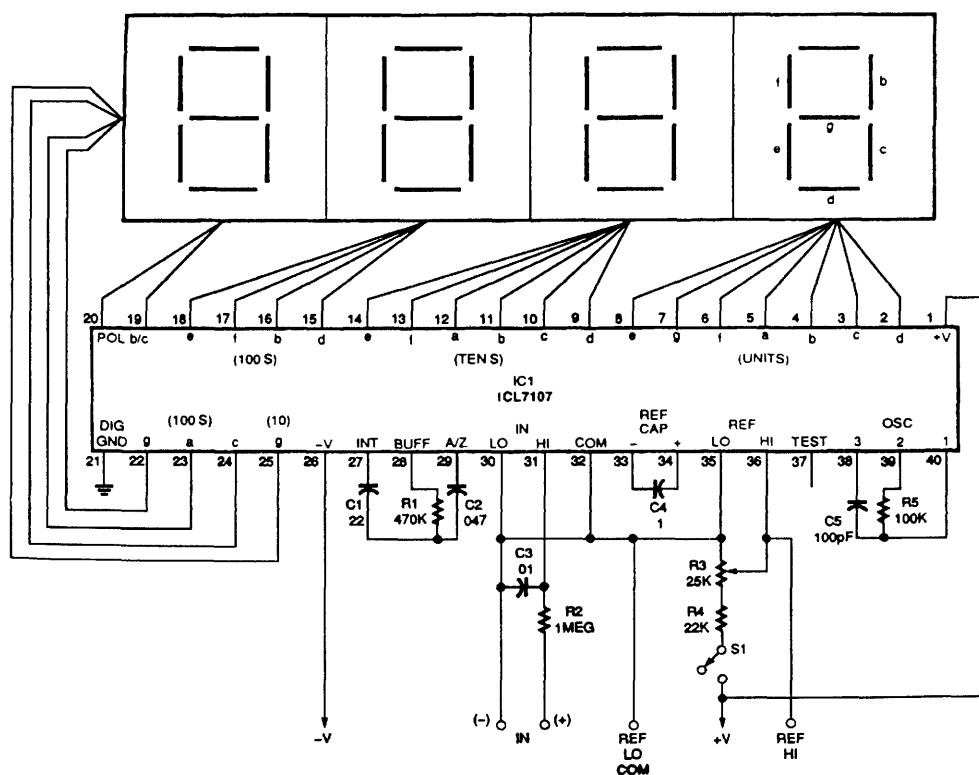
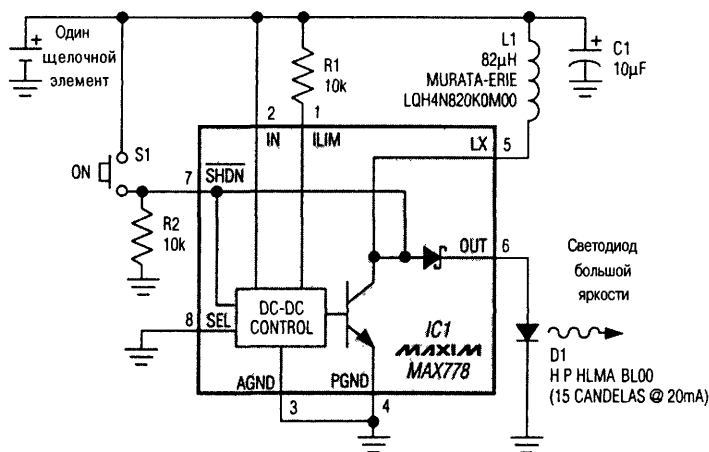


СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОДИОДАМИ БОЛЬШОЙ ЯРКОСТИ



Maxim Engineering Journal

Рис. 31.2

Прямое падение напряжения на высокоинтенсивных светодиодах (1,5–2,5 В) слишком велико для работы от одноэлементных батарей. Показанная на рисунке схема позволяет преодолеть это ограничение с помощью повышающего импульсного стабилизатора. Он выдает на светодиод импульсы стабильного тока, величина которого не зависит от прямого падения напряжения на конкретном светодиоде, и работает в широком диапазоне напряжений питания – от менее 1 В до 6,2 В. Схема пригодна для велосипедных огней, маячков и бакенов, сигнализации, ламп-вспышек и индикаторов с малым потреблением. Микросхема IC1 обычно работает как повышающий импульсный стабилизатор, но в данном случае она просто передает энергию, без стабилизации выходного напряжения. Отсутствие обычного выпрямителя и конденсатора фильтра на выходе, а также высокая частота преобразования (около 175 кГц) делают схему очень компактной. Яркость светодиода устанавливается программирующим резистором R1, сопротивление которого определяет пиковый ток в дросселе и светодиоде. Сопротивление резистора R1 (10 кОм) устанавливает пиковый ток около 75 мА, а средний ток светодиода – около 26 мА. Управляющий сигнал отключает выход полностью, даже если напряжение батареи превышает прямое падение напряжения на светодиоде, блокировкой внутреннего диода микросхемы IC1. (В выключенном состоянии у большинства повышающих преобразователей и стабилизаторов могут быть проблемы, связанные с прямым прохождением тока от батареи в нагрузку через дроссель и диод). Данная схема потребляет примерно 8 мкА в отключенном состоянии и около 60 мА в нормальном режиме. Она может работать непрерывно в течение 35 ч от одной щелочной батареи типа AA (316).

ИНДИКАТОР УРОВНЯ ГРОМКОСТИ И СИГНАЛИЗАТОР

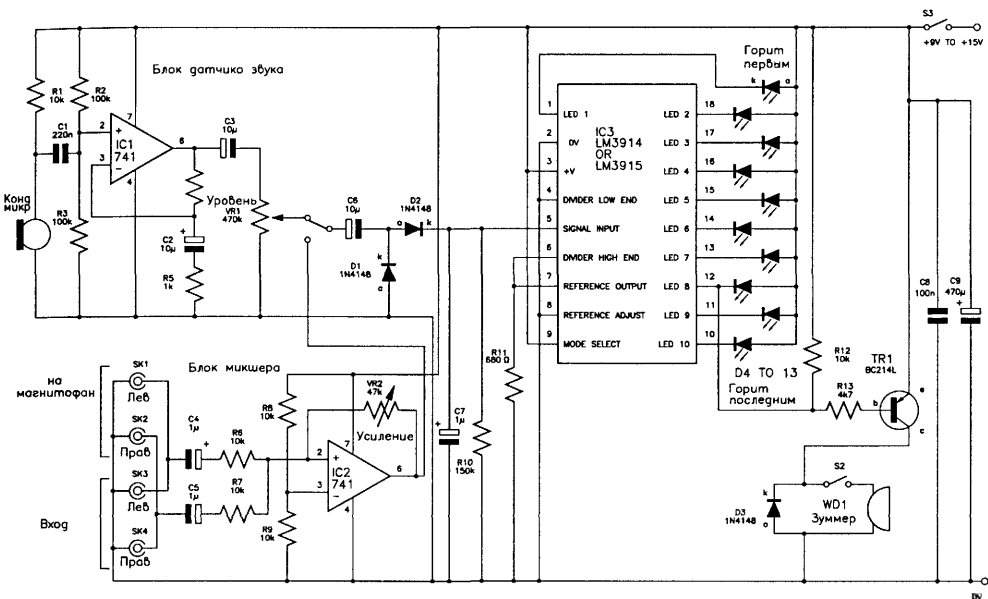
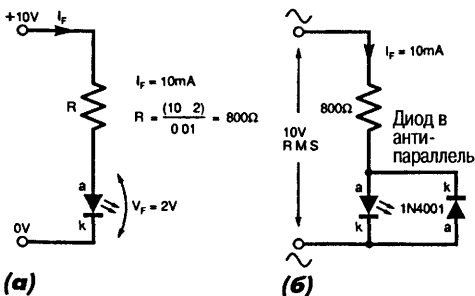


Рис. 31.3

Everyday Practical Electronics

В этой схеме используются два усилителя НЧ (для микрофона и для стереовхода), сигнал с которых подается на контроллер дисплея с линейной шкалой на светодиодах, а не на стрелочный прибор. Когда входной уровень превышает определенное значение, один из светодиодов (в этой схеме – восьмой) загорается и включает сигнал зуммера или какое-либо другое устройство. Для выбора источника сигнала используется переключатель.

СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ СВЕТОДИОДА В ЦЕПЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

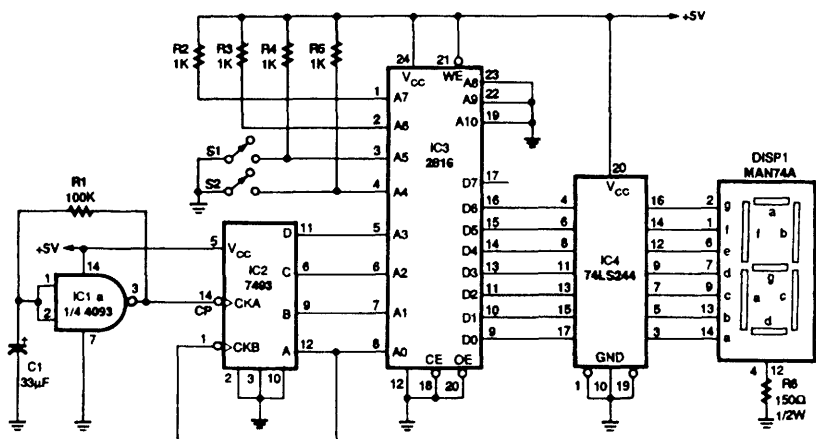


Расчет величины токоограничивающего резистора представлен на рис. 31.4а, а применение светодиода в цепи переменного тока – на рис. 31.4б.

Рис. 31.4

Everyday Practical Electronics

7-СЕГМЕНТНЫЙ ИНДИКАТОР С ДЕШИФРАТОРОМ НА ЭППЗУ

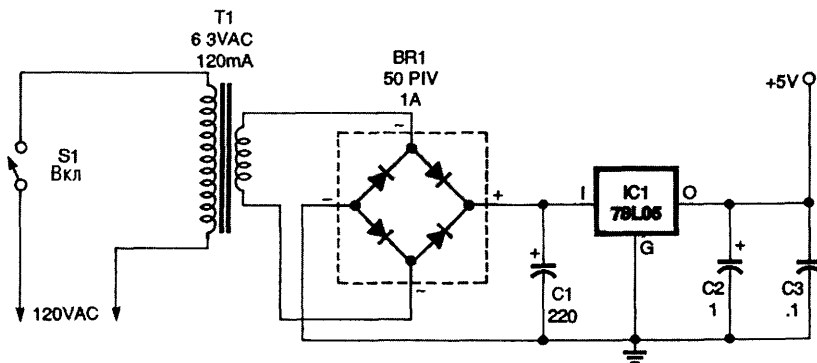


Electronics Now

Рис. 31.5

Эта схема иллюстрирует использование ЭППЗУ в качестве дешифратора и драйвера обычного 7-сегментного цифрового индикатора. IC1 и IC2 генерируют последовательность двоичных адресов для ЭППЗУ, а данные из ЭППЗУ, буферизованные микросхемой IC4, поступают на индикатор.

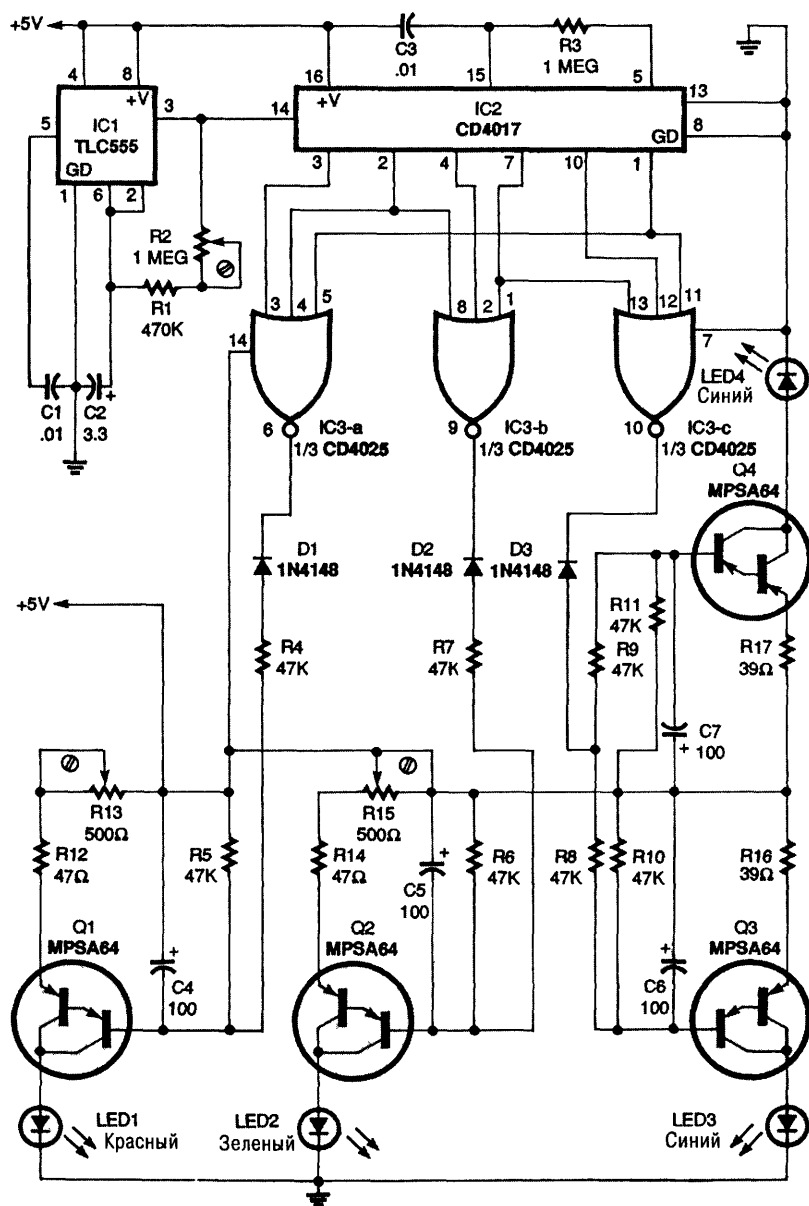
ДРАЙВЕР ДЛЯ РАЗНОЦВЕТНЫХ СВЕТОДИОДОВ



Popular Electronics

Рис. 31.6 (а)

КМОП таймер типа TLC555, микросхема IC1, включен по схеме генератора прямоугольных колебаний, период которых можно регулировать в пределах примерно 2–7 с. Этот сигнал подается на КМОП микросхему IC2 – счетчик Джонсона типа CD4017, на выходах которого появляются шесть различных комбинаций

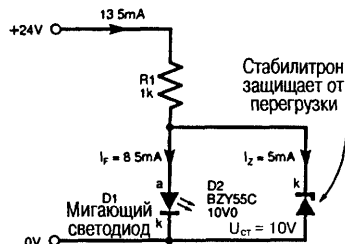


в позиционном коде, необходимых для получения трех суммарных и трех разностных комбинаций первичных цветов. КМОП микросхема IC3 типа CD4025, содержащая три 3-входовых логических элемента ИЛИ-НЕ, распределяет шесть выходных

сигналов на соответствующие светодиодам источники тока, поддерживая тем самым правильную последовательность смешения цветов. Четыре ррр-транзистора Дарлингтона типа MPSA64 ($Q1 - Q4$) включены как управляемые источники тока, причем конденсаторы $C4 - C7$ вместе с базовыми резисторами образуют интегрирующие цепи с большой постоянной времени, из-за чего светодиоды LED1 – LED4 плавно изменяют яркость от максимума до минимума и наоборот. Соответственно непрерывно и плавно изменяется цвет свечения. Для питания схемы используется сетевой источник питания +5 В. Сетевой трансформатор T1 рассчитан на выходное напряжение 6,3 В, которое выпрямляется мостом BR1 и стабилизируется микросхемой IC1 типа 78L05.

СХЕМА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ МИГАЮЩИХ СВЕТОДИОДОВ

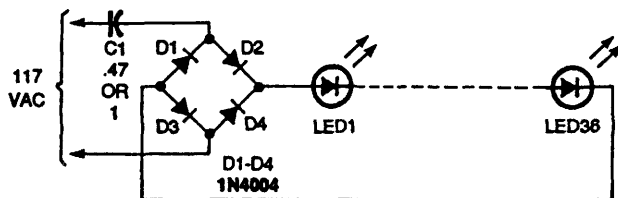
Для использования мигающих светодиодов в цепях, напряжения в которых превышают предельно допустимое для этих светодиодов, следует соблюдать осторожность и принять все меры для того, чтобы напряжение на светодиоде никогда не выходило за эти границы.



Everyday
Practical Electronics

Рис. 31.7

МОСТОВОЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ ГИРЛЯНД



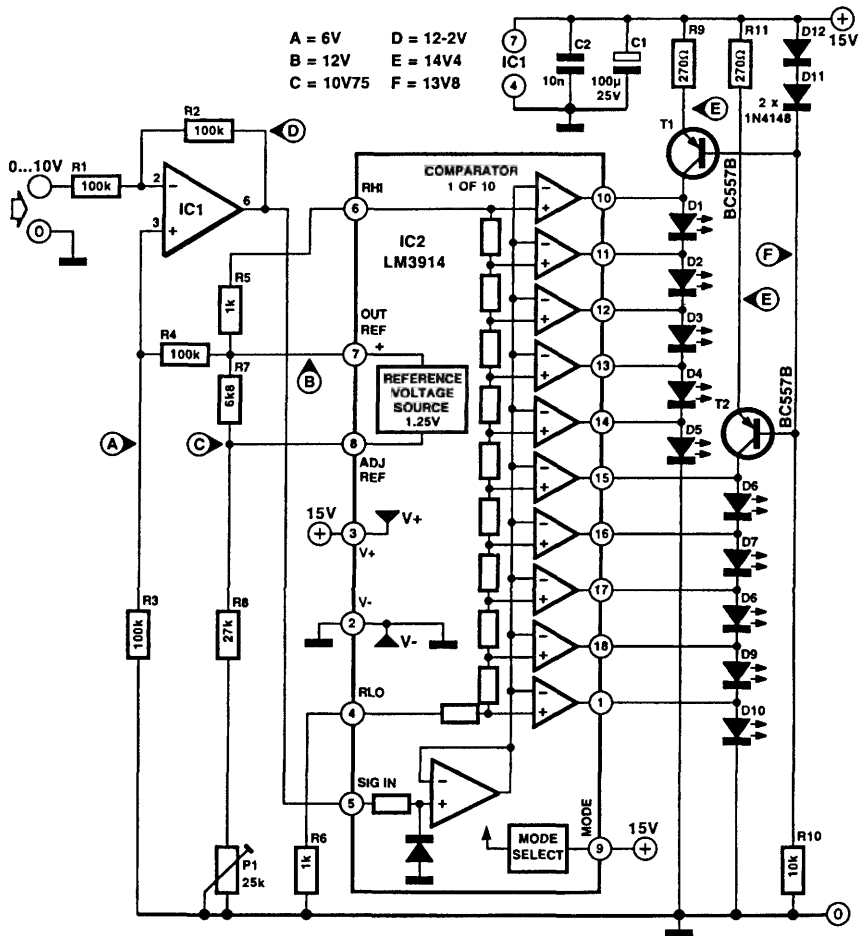
Popular Electronics

Рис. 31.8

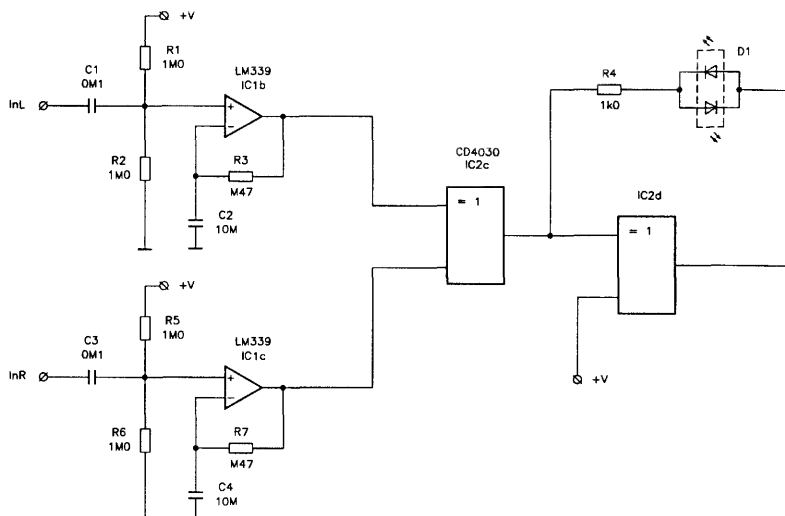
В данной схеме использован двухполупериодный мостовой выпрямитель, питающий гирлянду светодиодов. С конденсатором емкостью 0,47 мкФ, показанным на схеме, ток в гирлянде составляет около 12 мА. Если емкость этого конденсатора увеличить до 1 мкФ, ток составит примерно 20 мА, что позволит либо сделать гирлянду ярче, либо добавить в нее еще несколько светодиодов

ЭКОНОМИЧНАЯ ЛИНЕЙНАЯ ШКАЛА НА СВЕТОДИОДАХ

При построении дисплеев с линейными шкалами на светодиодах определенную проблему представляет большой потребляемый схемой ток. На приводимом рисунке контроллер типа LM3914 управляет линейкой последовательно включенных светодиодов, а не каждым светодиодом в отдельности, как в обычной схеме применения. Это означает, что при зажигании любого количества светодиодов ток через них будет всегда одинаков и равен току одного светодиода. Такое включение, безусловно, накладывает определенное ограничение: данная схема требует более высокого напряжения питания, поскольку следует учитывать прямое падение напряжения на нескольких светодиодах. Если использовать высокоэффективные светодиоды, потребляемый ток можно сделать еще меньше. В описываемой схеме он составляет около 15 мА, что в два раза меньше, чем у стандартной схемы (32 мА).



ИНДИКАТОР ПСЕВДОСТЕРЕО



Elektor Electronics

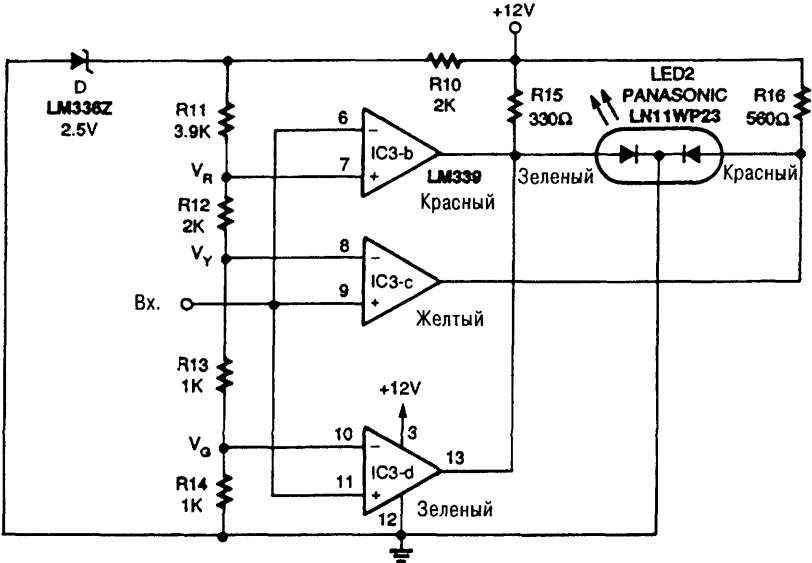
Рис. 31.10

Данная схема при помощи двух светодиодов показывает, содержит ли сигнал составляющие псевдостерео или нет. Критерием для этого является разность фаз между двумя каналами: если она равна нулю, то составляющие псевдостерео отсутствуют. Если есть разность фаз между сигналами двух каналов, уровни на выходах компараторов IC1b и IC1c различны. Состояния этих выходов постоянно проверяются логическим элементом Иключающее ИЛИ IC2c; если есть разность фаз, то на выходе элемента будет высокий логический уровень. В зависимости от состояния выхода горят красный или зеленый кристаллы двухцветного светодиода D1. Если имеется чистый сигнал с составляющими псевдостерео, будет гореть красная половина; если есть моносигнал – зеленая. Если же на входе появится стандартный стереосигнал, то быстрые изменения уровня на выходе IC2c придадут светодиоду оранжево-желтый цвет.

ТРЕХЦВЕТНЫЙ ПИКОВЫЙ ИНДИКАТОР НА СВЕТОДИОДАХ

Здесь приведена схема для трехцветных светодиодов. При низком входном уровне светодиод LED2 не горит. С увеличением входного напряжения светодиод загорается сначала зеленым, затем желтым и наконец красным светом. Резистор R10 и источник опорного напряжения 2,5 В на микросхеме IC4 формируют стабильное напряжение, из которого при помощи делителя на резисторах R11, R12, R13 и R14 получаются три дополнительных. Каждое из них подано на один из входов компаратора. Таким образом определяются уровни, при которых зажигаются соответствующие светодиоды. Другие входы компараторов соединены, и на них подается входной сигнал. Выходы данных компараторов затем соединяются со

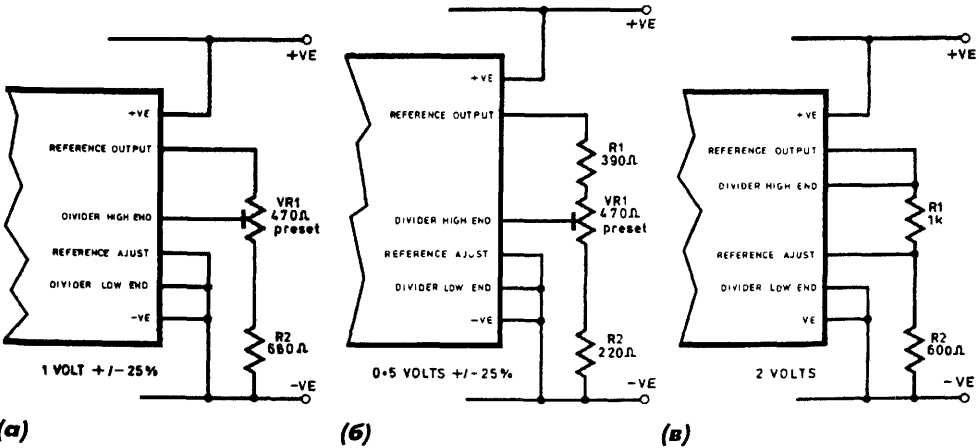
светодиодом LED2. Если выходы всех компараторов находятся в состоянии лог. 1, то красный и зеленый кристаллы в трехцветном светодиоде оказываются под напряжением через резисторы R15 и R16, поэтому светодиод горит желтым светом. Если же выход одного из компараторов переходит в состояние лог. 0, то напряжение на соединенном с ним кристалле будет меньше 2 В и соответствующий цвет выключится.



Electronics Now

Рис. 31.11

ПРИВЕДЕНИЕ ШКАЛЫ ЛИНЕЙНОГО ИНДИКАТОРА



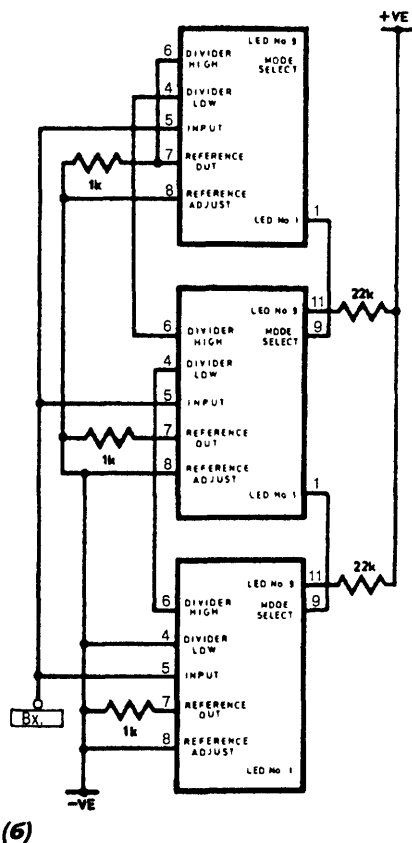
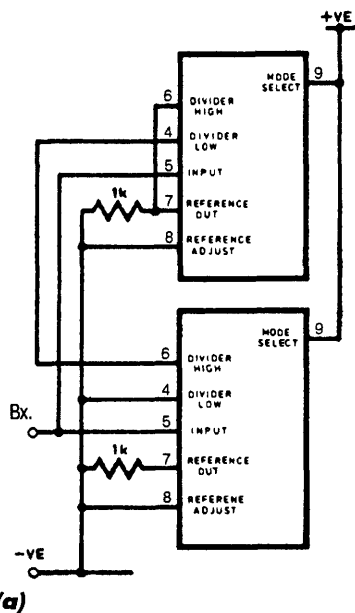
Everyday Practical Electronics

Рис. 31.12

На рисунке показаны варианты подстройки шкалы от встроенного источника опорного напряжения микросхемы контроллера индикатора с линейной шкалой. Схемы (а) и (б) показывают два варианта включения «встроенного эталона» для получения полных шкал в 1 и 0,5 В соответственно. В схеме (в) для получения полной шкалы в 2 В использованы вывод подстройки ИОН Reference adjust и сам встроенный ИОН.

КАСКАДИРОВАНИЕ НЕСКОЛЬКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ ДИСПЛЕЕВ

На рис. 31.13а показано, как последовательно соединить два контроллера дисплеев с линейной шкалой, а на рис. 31.13б – три контроллера. При необходимости подобным образом можно включить последовательно четыре или более контроллеров.

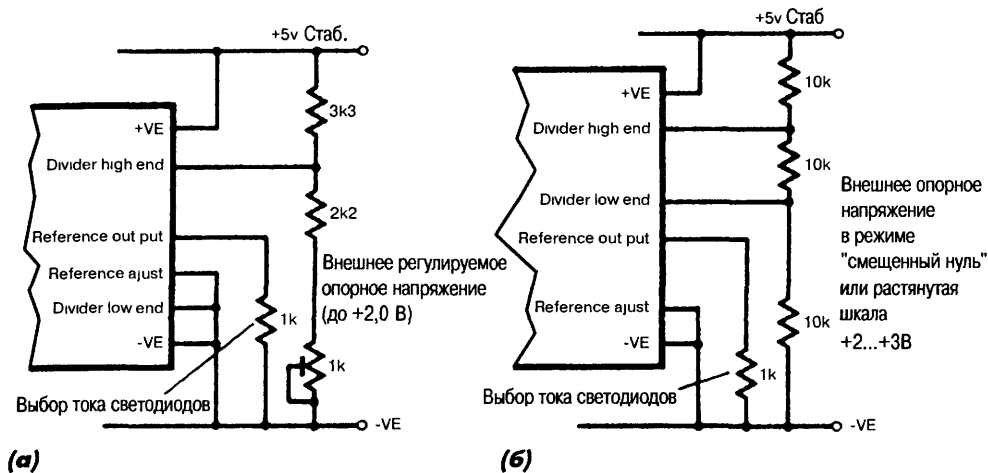


Everyday Practical Electronics

Рис. 31.13

ВНЕШНЕЕ ОПОРНОЕ НАПЯЖЕНИЕ ДЛЯ ДИСПЛЕЯ С ЛИНЕЙНОЙ ШКАЛОЙ

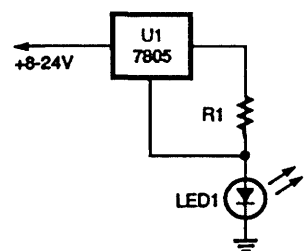
Включение внешнего источника для получения: регулируемого опорного напряжения в диапазоне 0–2 В (см. рис. 31.14а); опорного напряжения в диапазоне +2 – +3 В (см. рис. 31.14б).



Everyday Practical Electronics

Рис. 31.14

СВЕТОДИОДНЫЙ ИНДИКАТОР С ПОСТОЯННОЙ ЯРКОСТЬЮ



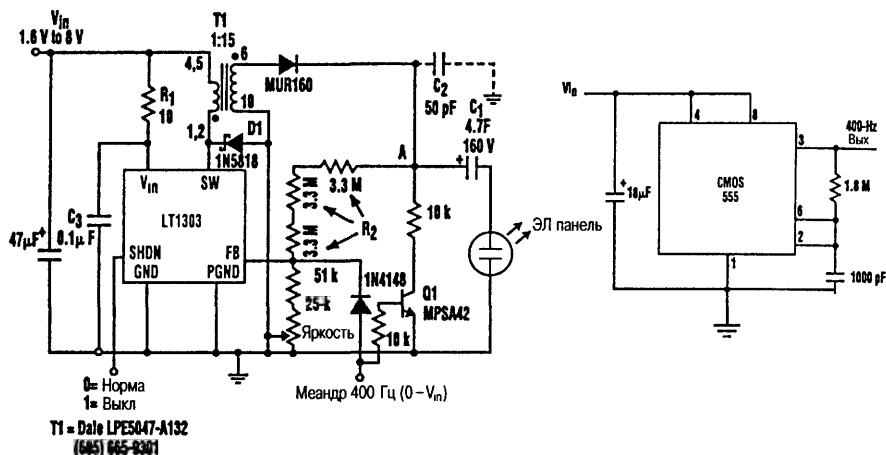
Эта схема обеспечивает работу светодиода с постоянной яркостью свечения при изменениях входного напряжения в диапазоне 8–24 В. Сопротивление резистора R1 определяется по формуле $R1 = 5/I$, где I – желаемый ток светодиода.

Popular Electronics

Рис. 31.15

ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ ПАНЕЛЬ

Электролюминесцентная (ЭЛ) панель представляет серьезную альтернативу светодиодам, лампам накаливания и лампам с холодным катодом, которые используются в системах подсветки экрана дисплея во многих портативных устройствах. ЭЛ панели – это тонкие, прочные, легкие и экономичные приборы. Они не требуют рассеивателя и излучают приятное для глаз голубовато-зеленое свечение. Емкостные по своей природе, они обычно имеют удельную емкость около 3000 пФ/дюйм² площади панели и работают на переменном токе с напряжением порядка 120 В и частотой в пределах 50–1000 Гц. Все проблемы, связанные с питанием таких панелей, можно решить при помощи схемы преобразователя напряжения с обратным включением диода. Такая схема состоит из интегрального микромощного импульсного стабилизатора LT1303 с соответствующим малогабаритным трансформатором, предназначенным для поверхностного монтажа. Управляющий сигнал

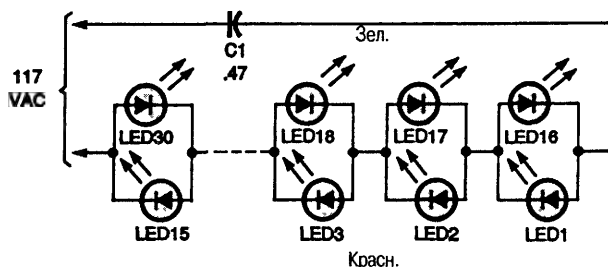


Electronic Design

Рис. 31.16

частотой 400 Гц может быть подан от внешних устройств или же получен от КМОП версии таймера 555. Когда этот сигнал находится в состоянии лог. 0, трансформатор Т1 заряжает панель до тех пор, пока напряжение в точке А не достигнет уровня 240 В. Конденсатор С1 не пропускает на панель постоянную составляющую напряжения, поэтому напряжение на ней будет +120 В. Когда же сигнал переходит в состояние лог. 1, на выводе обратной связи (FB) микросхемы LT1303 также появляется лог. 1, прекращая работу преобразователя. При этом открывается и транзистор Q1. Его коллектор замыкает цепь, отмеченную «А», на «землю», и напряжение на панели становится равным -120 В. Для ограничения напряжения на выходе преобразователя в случае отключения или выхода панели из строя в схему нужно добавить конденсатор С2. Резистором R1 регулируется яркость свечения панели, изменяя выходное напряжение схемы. Яркость может также модулироваться при изменении частоты управляющего сигнала.

ГИРЛЯНДА НА ДВУХЦВЕТНЫХ СВЕТОДИОДАХ



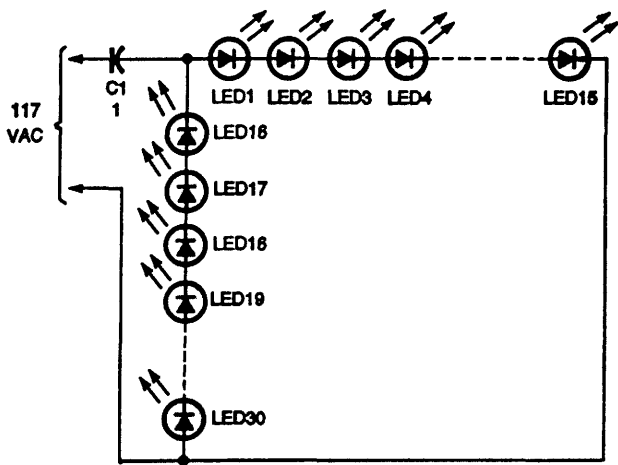
Popular Electronics

Рис. 31.17

Красные светодиоды горят в течение положительного полупериода переменного напряжения, а зеленые – в течение отрицательного полупериода.

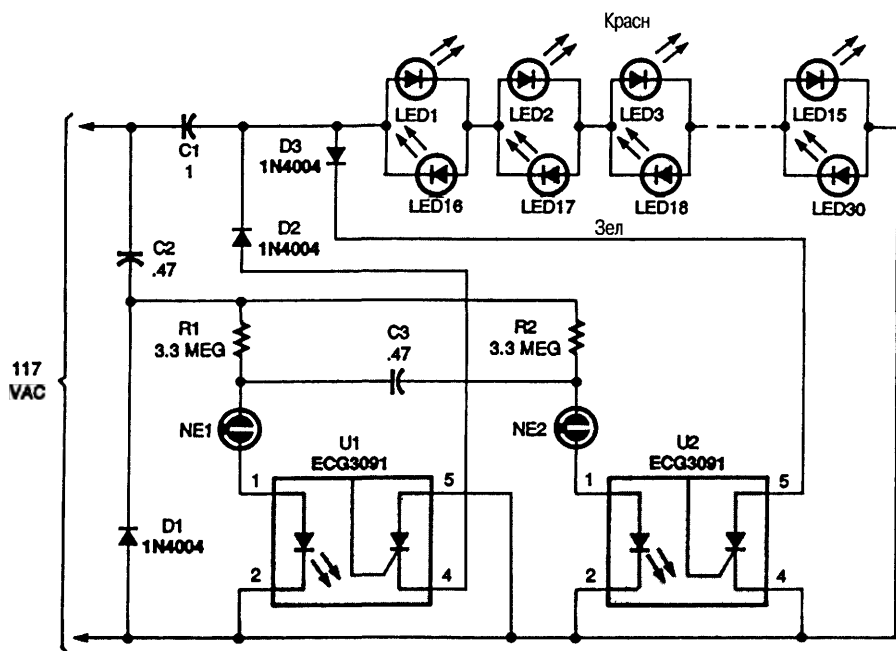
ДВОЙНАЯ ГИРЛЯНДА НА СВЕТОДИОДАХ

Эта схема позволяет зажигать две отдельные гирлянды по 15 огней от одного источника питания. При положительном полупериоде переменного напряжения частотой 60 Гц горят светодиоды с 1 по 15, а при отрицательном полупериоде – с 16 по 30. Поскольку время реакции глаза намного больше длительности периода сигнала частотой 60 Гц, обе строки появляются одновременно.



ГИРЛЯНДА С ЧЕРЕДОВАНИЕМ ЦВЕТОВ НА СВЕТОДИОДАХ

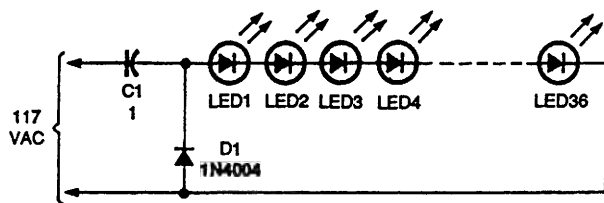
Эта схема позволяет сделать гирлянду, цвет которой меняется с красного на зеленый и наоборот примерно один раз в секунду, что делает привлекательнее любую праздничную иллюминацию. Две неоновые лампы – NE1 и NE2 – включены по схеме релаксационного генератора, который переключается из одного устойчивого состояния в другое с частотой 1 Гц, которая определяется номиналами резисторов R1, R2 и конденсатора C1. Постоянное напряжение питания генератора на неоновых лампах выделяется при помощи конденсатора C2 и диода D1. Конденсаторов для фильтрации постоянного напряжения не требуется. Когда зажигается лампа NE1, через светодиод оптотиристора U1 начинает течь ток, и его излучение отпирает фототиристор, который соединяет анод диода D2 с общим проводом схемы. При этом на гирлянду поступает только положительная полуволна переменного напряжения сети и горят красные светодиоды (LED1 – LED15). Примерно через 1 с лампа NE1 выключается, а лампа NE2 включается, срабатывает оптотиристор U2 и соединяет с общим проводом анод диода D3. Теперь на гирлянду поступает только отрицательная полуволна переменного напряжения сети и горят зеленые светодиоды (LED16 – LED30). Если необходимо чаще изменять цвет гирлянды, нужно уменьшить номиналы R1 и R2; время горения светодиодов одного цвета можно увеличить, применив конденсатор большей емкости.



Popular Electronics

Рис. 31.19

ГИРЛЯНДА НА СВЕТОДИОДАХ

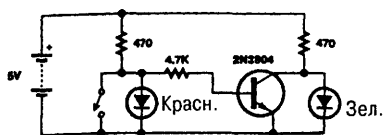


Popular Electronics

Рис. 31.20

Конденсатор C1 емкостью 1 мкФ на напряжение 400 В с майларовым или подобным пленочным диэлектриком работает в этой схеме как ограничитель переменного тока, не имеющий потерь; последовательно с ним включена гирлянда из светодиодов. Реактивное сопротивление конденсатора действует на переменном токе подобно обычному резистору большой мощности, но без потерь, свойственных последнему. Кремниевый диод 1N4004 защищает светодиоды от повреждения обратным напряжением. Схема была опробована при рабочем токе около 15 мА с 36 красными и зелеными светодиодами. Их количество можно увеличить, но следует помнить, что от этого в некоторой степени зависит средняя яркость

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ДВУХЦВЕТНЫХ СВЕТОДИОДОВ

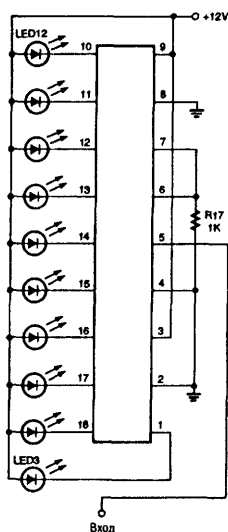


Один транзистор и несколько резисторов управляют двухцветным светодиодом с общим катодом.

Electronics Now

Рис. 31.21

ЛИНЕЙНАЯ ШКАЛА НА 10 СВЕТОДИОДАХ



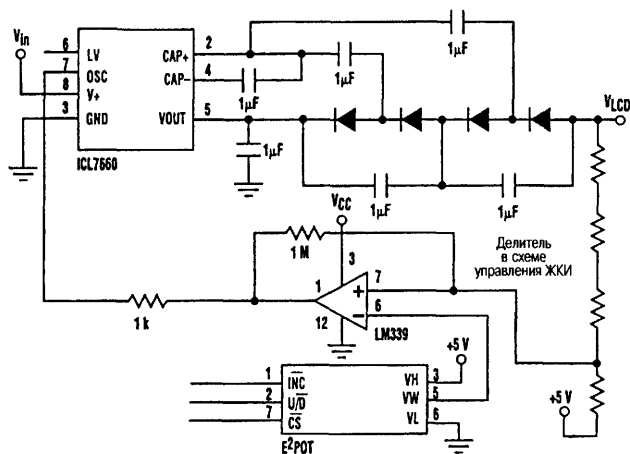
Полупроводниковый индикатор уровня представляет собой линейку из 10 светодиодов в одном корпусе. При малом уровне на входе устройства все светодиоды выключены. С ростом сигнала загорается все больше и больше светодиодов, пока не будут включены все десять, что свидетельствует о максимальном уровне. Основной схемой является микросхема LM3915 компании National Semiconductor, содержащая источник опорного напряжения, резисторный делитель и 10 компараторов для управления светодиодами. Помимо этого, в ее состав входят схемы ограничителей тока, определяющих максимальную яркость светодиодов и позволяющих обойтись без отдельных гасящих резисторов, а также логика для выбора режима работы линейной шкалы в виде столбика или точки.

Electronics Now

Рис. 31.22

ИСТОЧНИК НАПЯЖЕНИЯ СМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ЖК ДИСПЛЕЯ

Схемы управления большими матричными дисплеями на жидких кристаллах требуют отрицательного напряжения смещения до -24 В, в зависимости от коэффициента мультиплексирования ЖКИ. Источником такого напряжения может быть микросхема типа 7660 совместно с диодно-емкостным умножителем напряжения, работающим непосредственно на тактовой частоте, формируемой внутренним генератором 7660. На выходе такой схемы получится постоянное напряжение, равное примерно $3 \times V_{IN} - 4 \times V_{FB'}$, то есть при напряжении питания 9 В на выходе будет примерно -24 В. К умножителю могут быть добавлены дополнительные каскады, что позволит, например, получать -24 В при работе от стандартного источника $+5$ В. В приведенной схеме выходное напряжение определяется напряжением питания микросхемы 7660, что может оказаться неудобным. Если контраст необходимо регулировать, то потребуются какое-то микропроцессорное управление



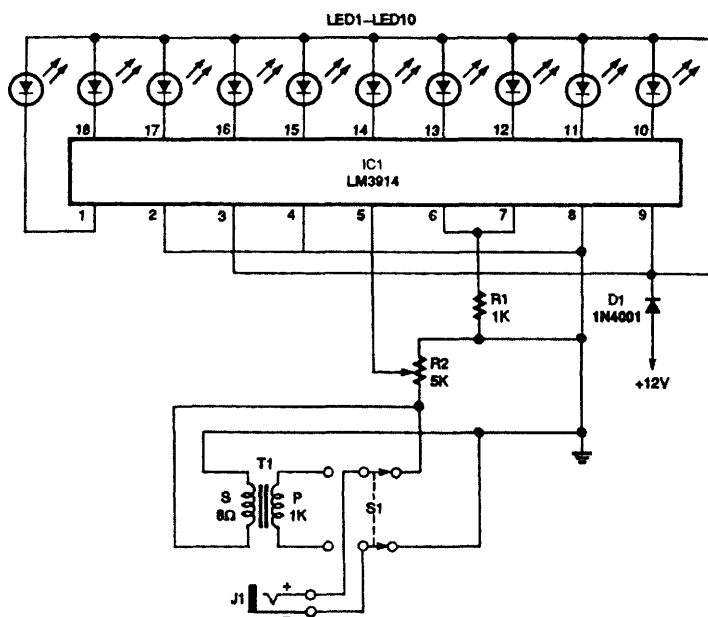
Electronic Design

Рис. 31.23

выходным напряжением. В данном случае для этого использована микросхема «цифрового подстроечника» E2POT фирмы XICOR, включенная в петлю обратной связи (петлю образует схема, подающая на вывод управления генератором микросхемы 7660 сигнал лог. 0, если выходное напряжение схемы превысит заданный уровень). При этом накачка заряда прекращается до тех пор, пока на выходе снова не появится требуемое напряжение. Его пульсации определяются гистерезисом, ширину которого определяет сопротивление резистора в цепи ПОС компаратора.

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ ПАНЕЛИ

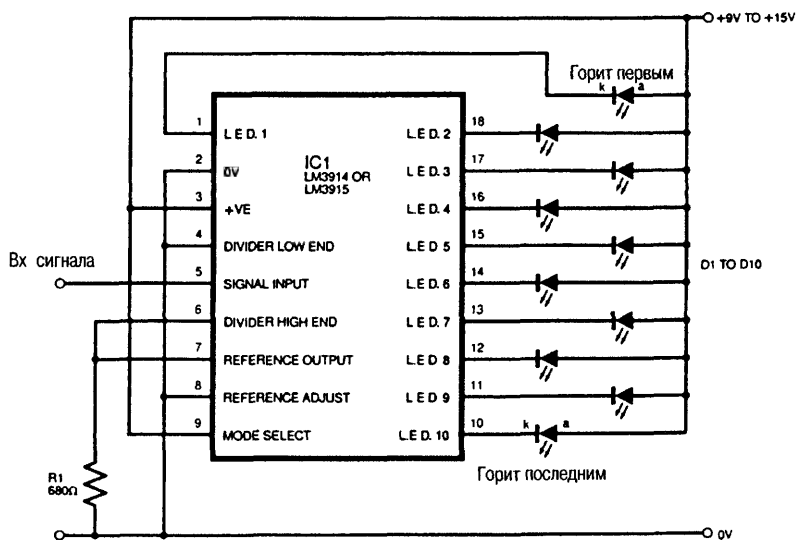
Питание электролюминесцентных панелей (ЭЛП), которые применяются для подсветки ЖК дисплеев в портативных устройствах, представляет собой серьезную задачу, поскольку ЭЛП являются емкостной нагрузкой и требуют для работы очень больших напряжений переменного тока. Обычно ЭЛП имеют удельную емкость 3 нф/кв. дюйм (1 кв. дюйм = 6,45 кв. см). Микросхема LT1305, показанная на рисунке, может управлять ЭЛП полной емкостью до 100 нф. Микромощный преобразователь постоянного тока LT1305 содержит встроенный силовой ключ с максимально допустимым током 2 А. Мощный ключ нагружен на первичную обмотку трансформатора Т1, а вся микросхема работает в режиме обратного преобразователя. Минимальное входное напряжение 1,8 В позволяет схеме работать всего от двух батареек. Входное напряжение достигает уровня от 166 до 248 В, который выставляется подстроечным резистором R1. Переменное напряжение для работы ЭЛП формируется при помощи внешнего управляющего сигнала — меандра, который включает и выключает прп-транзистор, заземляющий цепь «А» и инвертирующий таким образом напряжение на ЭЛП, а затем возвращающий эту



Electronics Experimenters Handbook

Рис. 31.25

ДИСПЛЕЙ С ЛИНЕЙНОЙ ШКАЛОЙ

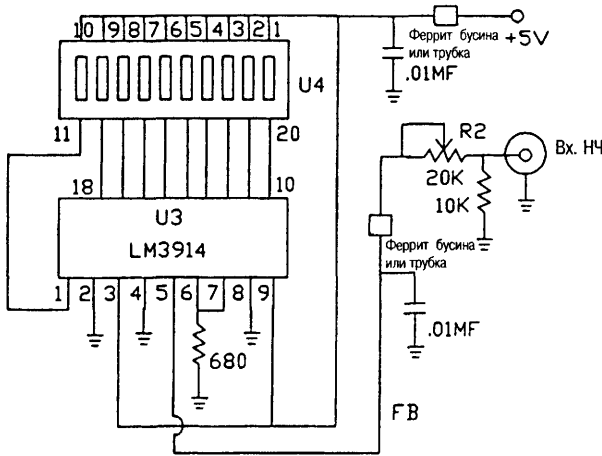


Everyday Practical Electronics

Рис. 31.26

Здесь показано, как включить микросхемы LM3914 или LM3915 для работы от напряжения питания 9–15 В. Светодиоды D1 – D10 могут быть как отдельными элементами, так и частью линейного светодиодного индикатора.

ДИСПЛЕЙ С ЛИНЕЙНОЙ ШКАЛОЙ



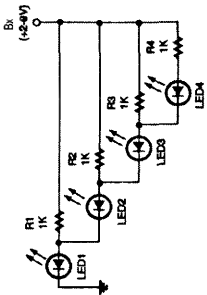
73 Amateur Radio Today

Рис. 31.27

Этот дисплей с линейной шкалой показывает уровень входного аудиосигнала и может быть использован как индикатор настройки, пиковый индикатор и т.д.

ИНДИКАТОР УРОВНЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА
НА СВЕТОДИОДАХ

На рис. 31.28 представлен простейший индикатор уровня постоянного напряжения.

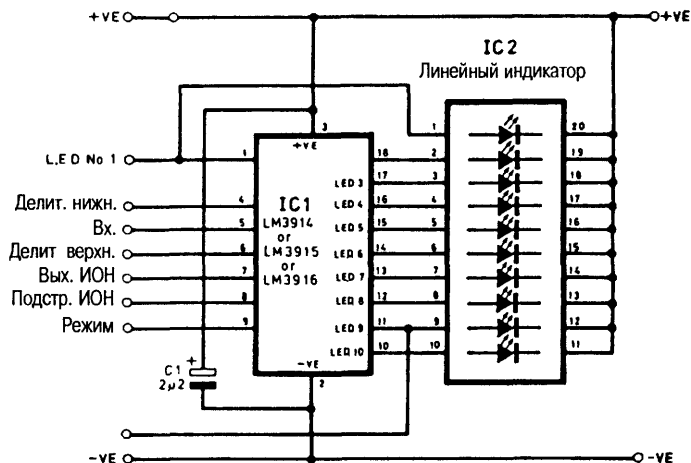


Popular Electronic

Рис. 31.28

БАЗОВАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ ШКАЛОЙ

На рисунке показано, как подключить микросхему LM3914 к дисплею на светодиодах для получения линейной шкалы.

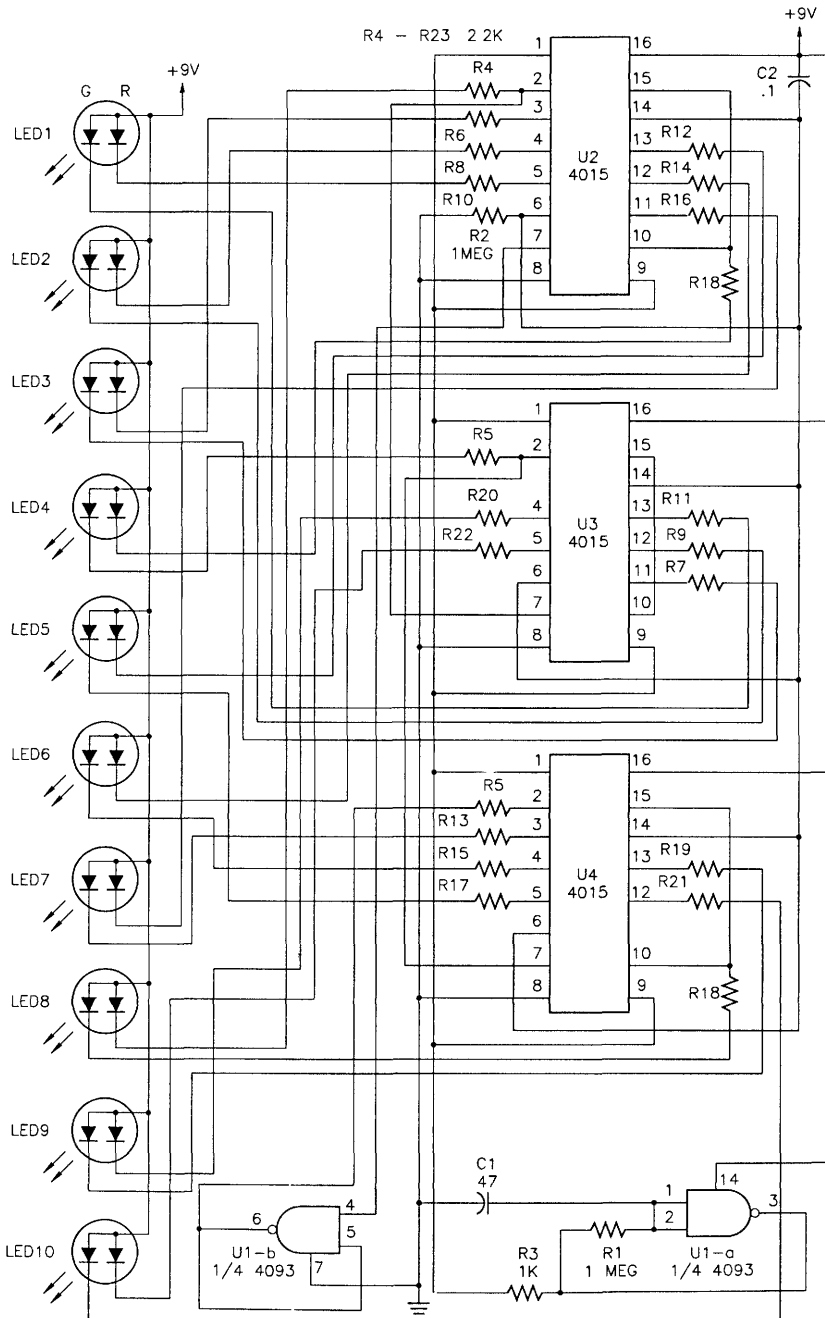


Everyday Practical Electronics

Рис. 31.29

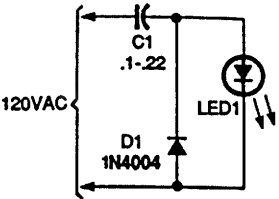
ТРЕХЦВЕТНЫЙ СЕМАФОР НА СВЕТОДИОДАХ

Данная схема предназначена для зажигания в определенной последовательности трехвыводных двухцветных светодиодов в небольших семафорах на модели железной дороги. Конденсатор C2 служит для начальной установки трех регистров сдвига типа 4015, U2 – U4. Когда включается напряжение питания, импульс с конденсатора C2 автоматически устанавливает выходы всех регистров в состояние лог. 0, в результате чего с помощью логического элемента U1-b, входящего в состав микросхемы 4093 (четыре инвертирующих триггера Шмидта с логикой 2И на входе), на вход А (вывод 7) микросхемы U2 подается сигнал лог. 1. Тактовые импульсы схемы формируются элементом U1-a, на котором собран генератор. U1-b инвертирует выходные сигналы регистра из лог. 0 в лог. 1 до тех пор, пока первая единица не появится на выходе последнего регистра сдвига, U4. Эти единицы инвертируются, и регистр начинает заполняться нулями. Процесс повторяется, пока тактовый генератор U1-a подает тактовые импульсы на регистры сдвига. Когда первая единица появляется на первом выходе регистра U2, загорается соединенный с ним светодиод. Пока U1-a работает, последовательно зажигаются подключенные к другим выходам регистров красные светодиоды. После десяти тактовых импульсов схема пропускает два следующих, и в том же порядке начинают зажигаться зеленые светодиоды; цвет свечения из красного становится желто-оранжевым. После того как загорятся все светодиоды, регистр сдвига последовательно выключает красные. При этом зеленые светодиоды продолжают гореть, и цвет свечения меняется с желто-оранжевого на зеленый. Тактовые импульсы с генератора продолжают поступать на регистры сдвига, и последовательно выключаются зеленые светодиоды; семафоры гаснут. После завершения этого цикла вся последовательность повторяется, создавая эффект семафора, который из красного становится желтым, затем зеленым и наконец гаснет.



**КОНТРОЛЬНЫЙ ИНДИКАТОР ПЕРЕМЕННОГО ТОКА
НА СВЕТОДИОДЕ**

Эта схема позволяет включить светодиод в цепь переменного тока, где он работает как контрольный индикатор. Емкость конденсатора определяет ток через светодиод. При напряжении сети переменного тока 120 В конденсатор емкостью 0,1 мкФ, 400 В дает рабочий ток от 5 до 10 мА, а увеличение его емкости до 0,22 мкФ даст ток примерно 20 мА.



Popular Electronics **Рис. 31.31**

Аналоги и возможные замены

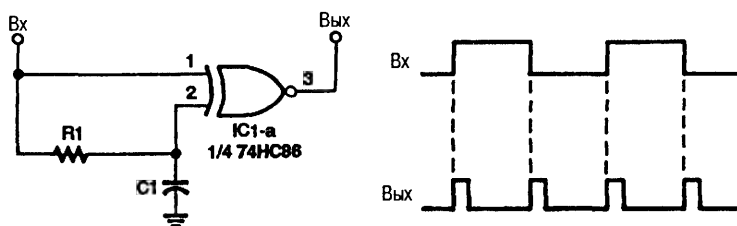
Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
2816			Любая микросхема ЭППЗУ с электрическим или ультрафиолетовым стиранием, например K572РФ5
BC557B		КТ361Б, Г; КТ3107 и т.п.	
BZY55C 10V0		КС210	
E2POT			Цифровой потенциометр с последовательным управляющим интерфейсом
ECG3091			Тиристорный оптрон на напряжение 400–600 В в корпусе DIP6
FZT658			Транзисторы компании Zetex – лидера в биполярной технологии – отличаются как очень высокими значениями h_{21e} , так и коэффициентом передачи тока на границе насыщения (B_{st}). Подойдут любые транзисторы с $U_{ce} > 200 В$ и $B_{st} > 100$ (понадобится отбор)
ICL7660			Ставшая классической микросхема удвоителя напряжения питания на переключаемых конденсаторах – так называемая схема с подкачкой заряда
LM3914			Контроллеры индикаторов с линейной шкалой
LM3915			
MAN74A			Любой 7-сегментный индикатор с общим катодом
MPSA42	КТ6135		
MPSA64		КТ973	Маломощный составной ррп-транзистор
MUR160		КД226Б, КД 247	Любые высокоскоростные диоды с «мягким восстановлением» (soft recovery)

ГЛАВА 32

СХЕМЫ УДВОИТЕЛЕЙ

ПРОСТОЙ УДВОИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ

Эта схема использует только один логический элемент Иключающее ИЛИ и пару пассивных элементов. Длительность выходных импульсов определяется постоянной времени RC-цепи, и для нормальной работы схемы максимальная входная частота не должна превышать $RC/2$.

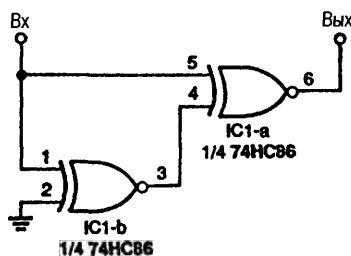


Electronics Now

Рис. 32.1

УДВОИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ НА ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ

Эта схема используется на очень высоких частотах или в тех случаях, когда допустимы короткие выходные импульсы. Длительность выходного импульса определяется временем задержки распространения логического элемента Иключающее ИЛИ, которое зависит от применяемого семейства и типа логических схем. Для нормальной работы схемы максимальная входная частота не должна превышать величину, обратную удвоенному времени задержки распространения.

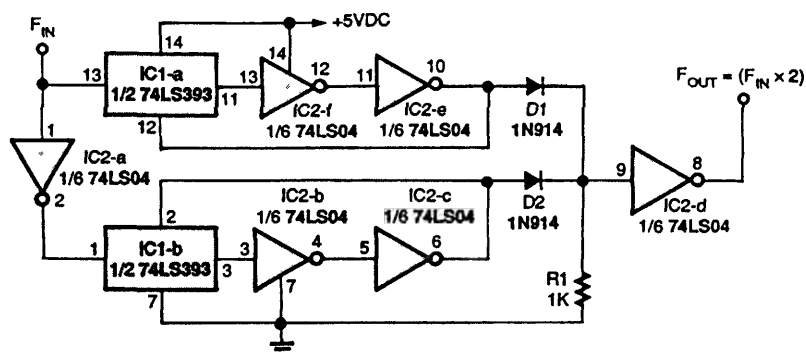


Electronics Now

Рис. 32.2

ЦИФРОВОЙ УДВОИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ

Сдвоенный счетчик 74LS393 работает по отрицательным фронтам импульсов на входе синхронизации (выводы 1 и 13). При помощи инвертора на входе счетчика «В» его можно перевести в режим счета по положительным фронтам входных



Electronics Now

Рис. 32.3

импульсов схемы. Счетчики обнуляются положительным импульсом, приходящим на выводы общего сброса (2 и 12). Положительные перепады, формирующиеся на выводах 6 и 10 микросхемы IC2, сбрасывают соответствующие счетчики. Их длительность зависит от задержки распространения инверторов, входящих в состав микросхемы IC2. Для микросхемы, содержащей 6 инверторов 74LS04, длительность формируемых импульсов составит около 20–25 нс. Выходные сигналы подаются также на шестой инвертор микросхемы IC2 через диоды и резистор привязки, с помощью которых этот инвертор выполняет логическую функцию ИЛИ-НЕ. В таком случае частота сигнала на выводе 8 микросхемы IC2 в два раза больше входной.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ШИРОКО РАСПРОСТРАНЕННЫЕ РАДИОЭЛЕМЕНТЫ И ИХ АНАЛОГИ

Наиболее распространенные радиоэлементы, часто встречающиеся в книге, и их полные или ближайшие аналоги, производимые в России и в Белоруссии.

Таблица П1. Диоды, транзисторы и аналоговые микросхемы

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
Диоды			
1N34		Д2, Д9	Германиевый детекторный диод
1N914	КД510А		
1N4148	КД510А, 1N4148		Производство ПО «Интеграл»
1N4001 – 1N4004	ЛЗ4001 – ЛЗ4004		Производство ПО «Интеграл»
1N4001 – 1N4007		КД208, КД221, КД243, КД247, КД257	В этой схеме можно применить любой выпрямительный или импульсный диод, имеющий максимальный прямой ток до 1 А и обратное напряжение большее 50 В
1N5817 – 1N5820		КД238, КД268, КД269, КД270, КД271, КД272, КД273	Это диоды Шоттки, размещенные в пластмассовых корпусах диаметром 3 и длиной 7 мм. Российские аналоги размещены в корпусах ТО-220
Транзисторы биполярные			
pnp			
2N2222	КТ3117Б		
2N3904	КТ6137А		
npn			
2N3906	КТ6136А		
Транзисторы полевые			
MPF102, U310	КП303Д, Е; КП307Г, Д;		
	КП312; КП323,		
	КП329; КП341;		
	КП364Д, Е		
Транзисторы полевые с изолированным затвором			
Транзисторы серии IRF, IRFP, IRFZ, IRL		Полные или приближенные аналоги выпускаются ПО «Интеграл» (Минск), АО ВЗПП (Воронеж), АО «Эльтав» (Нальчик). Наименование транзисторов – КПппп, причем цифры соответствуют фирменному наименованию	

Таблица П1. Диоды, транзисторы и аналоговые микросхемы (продолжение)

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
<i>Микросхемы аналоговые</i>			
<i>Операционные усилители</i>			
741		140УД6, УД7	
3900	K1410УД1		
324	K1401УД2, IL324		
347	K1401УД4		
358	K1040УД1, IL358		
1458		IL4558	
3130		K1409УД1	
3140	K1409УД1		
NE5532, NE5534		K157УД2, УД3	Сверхмалощумящие операционные усилители для применения в предварительных УНЧ
<i>Таймеры</i>			
555	KP1006ВИ1, KP1087ВИ2		
556	KP1087ВИ3		
558	KP1087ВИ1		
7555	K1441ВИ1		
LMC555		K1441ВИ1	
<i>Компараторы</i>			
311	KP554СА3		
339	K1401СА1, IL339		
393	K1401СА3, IL393		
<i>Стабилизаторы положительного напряжения</i>			
78NN	KP142EH5, 6, 8, 9, 20, 21, 23, KP1180EH NN		
78L NN	K1157EH NN, KP1181EH NN		
LM317	KP142EH12		
<i>Стабилизаторы отрицательного напряжения</i>			
79NN	KP1162EH NN, KP1179EH NN, KP1183EH NN		
79L NN	KP1199EH NN		
LM337	KP142EH18		
<i>Усилители низкой частоты</i>			
386	IL386N		Производство ПО «Интеграл»

Таблица П1. Диоды, транзисторы и аналоговые микросхемы (окончание)

Тип	Аналог	Возможная замена	Примечания
<i>АЦП для измерительных приборов</i>			
7106	K572ПВ5		
7107	K572ПВ2		
<i>Балансные модуляторы и микросхемы с ФАПЧ</i>			
NE602		K174ПС1, K174ПС4	Широко распространенная микросхема, содержащая гетеродин и балансный смеситель, размещенные в корпусе DIP8
567, NE567, LM567			Уникальная микросхема, называемая обычно тон-декодером. Это синхронный амплитудный детектор с ФАПЧ, размещенный в корпусе IP8

ЦИФРОВЫЕ МИКРОСХЕМЫ И ИХ АНАЛОГИ

Семейство логических микросхем технологии КМОП, называемых 4000. Выпускается множеством различных производителей. Состоит из двух подсемейств – 4000 и 4000А,В. Их основное отличие состоит в диапазоне допустимых напряжений питания: 8–15 В для 4000 и 3–18 В для 4000А,В. Кроме того, микросхемы подсемейства 4000В имеют более высокое быстродействие. Большинство типов имеют аналоги в той или иной серии микросхем, выпускаемых в России, Белоруссии или на Украине. Подсемейству 4000А соответствует серия К176, а подсемейству 4000В – серии К561 и К1561.

Основные префиксы фирм изготовителей: CD (CD4013В); MC1 (MC14093В); HCF (HCF4001А); uPC (uPC4017В); IW (IW4060) – серия выпускается ПО «Интеграл».

Таблица П2. Цифровые микросхемы КМОП

Оригинальное наименование	Российский аналог	Приближенная замена	Примечание
4001	ЛЕ5		
4002	ЛЕ6		
4009	ПУ2		
4011	ЛА7		
4012	ЛА8		
4013	ТМ2		
4015	ИР2		
4017	ИЕ8		
4022	ИЕ9		
4025	ЛЕ10		
4028	ИД1		
4029	ИЕ14		

Таблица П2. Цифровые микросхемы КМОП (окончание)

Оригинальное наименование	Российский аналог	Приближенная замена	Примечание
4040	ИЕ20		
4049	ЛН2		
4052	КП1		
4053	ИW4053BN		
4060	ИW4060BN		
4063		ИП2	4-разрядный цифровой компаратор
4068			Логическая схема 8И-НЕ
4069	ИW4069UBN		
4075			Логическая схема 3ИЛИ
4081	ИW4081BN		
4082			Логическая схема 4И
4093	ТЛ1		
4511			Преобразователь двоично-десятичного кода в 7-сегментный с мощными выходами
4518	ИW4518BN		
4528	ИW4528BN		
40110			Универсальный счетчик с преобразователем двоично-десятичного кода в 7-сегментный с мощными выходами
CD4553			БИС, содержащая три 4-разрядных двоично-десятичных счетчика и схему управления динамической индикацией

КМОП исполнение логических микросхем семейства 74хNNN. Их названия отличаются от обычных ТТЛ схем суффиксами С, АС, НС (например, 74С00). Они теоретически несовместимы с ТТЛ как по логическим уровням, так и по выходному току (на практике выходы этих микросхем могут работать на ТТЛ вход). В этих сериях используются цоколевки, характерные для семейства 74. Имеются серии быстродействующих логических КМОП микросхем, полностью совместимых с ТТЛ, – 74АСТ и 74НСТ.

Таблица П3. КМОП аналоги микросхем ТТЛ

Оригинальное наименование	Российский аналог	Приближенная замена	Примечание
74С221	IN74HC221N		
74С925			Универсальная БИС, содержащая четыре 4-разрядных двоично-десятичных счетчика, схему динамической индикации и преобразователь двоично-десятичного кода в 7-сегментный с мощными выходами

Таблица П3. КМОП аналоги микросхем ТТЛ (окончание)

Оригинальное наименование	Российский аналог	Приближенная замена	Примечание
74С926			То же самое, но счетчик снабжен дополнительными входом и выходом переноса для увеличения числа разрядов счетчика
74НС00	IN74НС00N		
74НС02	IN74НС02N		
74НС04	IN74НС04N		
74НС134		561ТЛ1	
74НС14	IN74НС14N		
74НС74	IN74НС74N		
74НС86	IN74НС86N		
74НС93		IN74НС193N	Счетчик типа 155ИЕ5, но КМОП
74НСТ14		IN74АСТ14N	
74НС40xx			Особый случай. Микросхемы с наименованиями подобного вида выполнены по технологии и полностью соответствуют спецификациям серии 74НС, но имеют цоколевки, соответствующие сериям 4000
74НС4017		561ИЕ8	
74НС4049		561ЛН2	

Микросхемы серий на основе технологии ТТЛ. Обычная ТТЛ-логика – это серия 74NNN, ТТЛ-логика с диодами Шоттки и малым потреблением – 74LS NNN, быстродействующая ТТЛ-логика с диодами Шоттки и малым потреблением – 74ALS, 74FAST и т.п. (в зависимости от изготовителя) 74NNN соответствует серии 155; 74LS NNN – серии 555; 74ALS NNN – серии 1533

Таблица П4. Микросхемы ТТЛ

Оригинальное наименование	Российский аналог	Приближенная замена	Примечание
7400	ЛА3		
7404	ЛН1		
7414	ТЛ2		
7448			Преобразователь двоично-десятичного кода в 7-сегментный
7493	ИЕ5		
74244	АП5		
74393	ИЕ19		Сдвоенный 4-разрядный двоичный счетчик, примерно соответствует двум корпусам 155ИЕ5

АМЕРИКАНСКАЯ СИСТЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ПРОВОДОВ И СЕРДЕЧНИКОВ

Таблица П5. Американская система классификации обмоточных проводов

#AWG	мм	#AWG	мм	#AWG	мм	#AWG	мм
1	7,35	11	2,31	21	0,72	31	0,23
2	6,54	12	2,05	22	0,64	32	0,21
3	5,83	13	1,83	23	0,57	33	0,18
4	5,19	14	1,63	24	0,51	34	0,16
5	4,62	15	1,45	25	0,46	35	0,14
6	4,12	16	1,29	26	0,41	36	0,13
7	3,67	17	1,15	27	0,36	37	0,11
8	3,26	18	1,02	28	0,32	38	0,10
9	2,91	19	0,91	29	0,29	39	0,09
10	2,59	20	0,81	30	0,26	40	0,08

Таблица П6. Тороидальные сердечники карбонильные

мм	0	12	10	6	2	1	15	3
μ	1	3	6	8	10	20	25	35

Обозначение Т-NNN-ММ, где NNN – наружный диаметр сердечника в сотых долях дюйма, а ММ – материал сердечника.

Таблица П7. Типы карбонильных сердечников

Размеры, мм	Внешний диаметр	Внутренний диаметр	Высота
Т-25	6,50	3,10	2,40
Т-37	9,50	5,20	3,30
Т-50	12,70	7,70	4,80
Т-68	17,50	9,40	4,80
Т-80	20,20	12,60	6,40
Т-94	23,90	14,20	7,90
Т-106	26,90	14,20	11,10

Таблица П8. Тороидальные сердечники ферритовые

мм	63	61	43	72	75
μ	40	125	550	2000	5000

Обозначение FT-NNN-ММ, где NNN – наружный диаметр сердечника в сотых долях дюйма, а ММ – материал сердечника.

Таблица П9. Типы ферритовых сердечников

Размеры, мм	Внешний диаметр	Внутренний диаметр	Высота
FT-23	5,80	3,10	1,50
FT-37	9,50	4,80	3,20
FT-50	12,70	7,10	4,80
FT-82	21,00	13,20	6,40
FT-114	29,00	19,00	7,50